

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHES SCIENTIFIQUE

Université Abdelhamid Ibn
Badis-Mostaganem
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة و الحياة

MEMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences de la Nature et de la vie

Filière : Science Agronomiques

Spécialité : Aménagement -hydro agricole

Thème

IMPACT DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LES RESSOURCES EN EAU DE LA WILAYA DE MOSTAGANEM

Présenté par :

Boudahmani chahira.

Nom et Prénom	Qualité	Grade
Mme.Belhanafi Hamida	Présidente du jury	MCA
Mr. Benfetta Hassen Noureddine	Directeur de Mémoire	Professeur
Mr. Tayeb Cherif A	Examineur	MCA

Année Universitaire : 2023/2024

Remerciements

Merci tout d'abord à Dieu, Tout puissant qui m'a donné la santé pour entreprendre

Ce mémoire.

Je remercie très sincèrement toute ma famille de son soutien combien très important durant la préparation de ce travail.

J'exprime mon immense gratitude et mon grand respect à Monsieur *Benfetta Hassen Noureddine*, mon Directeur de Mémoire qui a bien voulu m'encadrer, correcteur infatigable, rigoureux dans le travail, toujours disponible et conseillé avisé, je n'aurais

Guère assez de mots pour lui transmettre toute ma reconnaissance.

Mes vifs remerciements vont à Mme *Belhanafi Hamida* qui me fait l'honneur de Présider le jury de ma soutenance.

Je remercie également les membres de jury Monsieur *Tayeb Cherif*

A Qui a accepté d'examiner mon travail.

Je remercie chaleureusement tous mes enseignants pour la formation qu'ils m'ont donnée du primaire jusqu'à ma graduation.

Enfin, je tiens à exprimer mes sincères remerciements à tous mes amis pour leurs Encouragements.

Dédicace

Je réserve une place particulière à mes très chers parents qui m'ont toujours

Apportés soutien et confort dans les moments difficiles,

Je ne peux que leur témoigner ma grande admiration et ma profonde

Gratitude pour leur compréhension et leur sacrifice tout au long de mes études

Aucune phrase, aucun mot ne pourra exprimer la juste valeur

Le respect et l'amour que je porte à mes parents.

Ils m'ont entouré d'une grande affection.

J'exprime ma profonde gratitude à mes Frangins et mes Frangines.

Je ne saurais terminer sans dédicacer ce mémoire à toute ma

famille.

ملخص

منذ الخمسينيات من القرن الماضي، شهد مناخ الأرض تغيرات، ويرجع ذلك أساسًا إلى الاحترار بسبب غازات الاحتباس ومن عواقب هذه التغيرات في العديد من البلدان: (1) زيادة في درجة الحرارة، (2) انخفاض في هطول الأمطار وكتلة القمم الجليدية، (3) ارتفاع في مستوى سطح البحر و (4) ندرة في الموارد المائية. ولم تسلم بلدان المغرب العربي (تونس والجزائر والمغرب) من أثر هذه التغيرات التي تؤثر سلبًا على معظم مواردها المائية. ولهذا الغرض، رأينا أن من المفيد دراسة أثر تغير المناخ على ولاية مستغانم. أظهرت النتائج زيادة ملحوظة في درجات الحرارة وانخفاضًا صافيًا في هطول الأمطار مما أثر سلبًا على الموارد المائية في منطقة الدراسة.

الكلمات الرئيسية: تغير المناخ، درجة الحرارة، هطول الأمطار، الموارد المائية، مستغانم، الجزائر

Summary

Since the 1950s, the Earth's climate has undergone changes, mainly due to warming due to greenhouse gases, in close relation to human activity (IPCC, 2013). Among the consequences of these changes are for many countries: 1) an increase in temperature, 2) a decrease in precipitation and the mass of ice caps, 3) a rise in sea level and 4) a scarcity of water resources. The Maghreb countries (Algeria, Morocco and Tunisia) have not been spared the impact of these changes that negatively affect most of their water resources. For this purpose, we saw useful to study the impact of climate change on the wilaya of Mostaganem. The results showed a remarkable increase in temperatures and a net decrease in precipitation that negatively affected the water resources of the study area.

Keywords: Climate change, Temperature, Precipitation, Water resources, Mostaganem, Algeria

Résumé

Depuis les années 1950, le climat terrestre a connu des changements représentés, essentiellement par le réchauffement dû aux gaz à effet de serre, en étroite relation avec l'activité humaine (GIEC, 2013). Parmi les conséquences de ces changements on note pour de nombreux pays : 1) une augmentation de la température, 2) une diminution des précipitations et de la masse des calottes glaciaires, 3) une élévation du niveau de la mer et 4) une raréfaction des ressources en eau. Les pays maghrébins (Algérie, Maroc et Tunisie) n'ont pas été épargnés par l'impact de ces changements qui affectent négativement la plupart de leurs ressources en eau. A cet effet, nous avons vu utile d'étudier l'impact des changements climatiques sur la wilaya de Mostaganem. Les résultats ont montré une hausse remarquable des températures et diminution nette des précipitations qui a affecté négativement les ressources en eau de la région d'étude

Mots clés : Changements climatiques, Températures, Précipitations, Ressources en eau, Algérie

Table des matières

INDICES	i
LISTE DES ABREVIATIONS	ii
LISTE DES FIGURES	iii
LISTE DES TABLEAUX	iv
RESUME	v
INTRODUCTION GENERALE	01

Partie I Recherches bibliographique

Chapitre I : GENERALITE SUR LE CLIMAT

INTRODUCTION	04
I.1. HISTORIQUE.....	04
1. Les glaciations.....	06
I.2. chronologie des découvertes	07
I.3. les changements climatiques.....	08
I.3.1. Réchauffement climatique.....	10
I.3.2. L'effet de serre.....	11
I.3.2.1. Les principaux gaz à effet de serre.....	13
I.4. aperçu sur le processus des changements climatiques.....	14
I.4.1. Le protocole de Kyoto.....	15
I.4.2. Le protocole de GIEC.....	16
I.4.2.1. Contexte du protocole de GIEC.....	17
CONCLUSION	18

CHAPITRE II : L'ALGERIE AU DEBAT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

INTRODUCTION.....	27
II.1. l'Algérie fragilité des ressources naturelles, vulnérables aux menaces des changements climatiques.....	27
II.2. Face aux changements climatiques : Comment s'adapter en Algérie.....	29
CONCLUSION	32

PARTIE PRATIQUE

Chapitre III : MATERIEL ET METHODES

III. WILAYA DE MOSTAGANEM	34
III.1 Repères géographiques et économiques.....	34
III.2. Hydraulique : caractéristiques majeures.....	34

III.2.1. Situation actuelle.....	34
III.3 Présentation de la wilaya de Mostaganem	35
III.3.1. Les températures.....	36
III.3.1.1 Variation de la température moyenne annuelle.....	37
III.3.1.2. Evolution de la température moyenne mensuelle.....	38
III.3.2. Les précipitations.....	39
III.3.2.1. Pluviométrie.....	40
III.3.2.2. Les régimes pluviométriques.....	41
III.3.2.2.1. Régime annuel.....	41
III. 3.2.2.3. Régime saisonnier.....	44
III.3.3. L'humidité relative.....	46
III.3.3.1. Variation de l'humidité relative moyenne annuelle.....	47
III.3.3.2. L'humidité relative moyenne mensuelle.....	47
III.3.4. Les vents.....	48
III.3.4.1. La variation annuelle de la force des vents.....	48
III.3.4.2. La variation mensuelle de la force des vents	49
III.3.5. L'insolation.....	49
III.3.5.1. Variation de l'insolation moyenne annuelle	50
III.3.5.2. Variation de l'insolation moyenne mensuelle.....	51
III.3.6. L'évapotranspiration.....	52
III.3.6.3. Les indices climatiques	53
III.3.6.3.1. Le quotient pluviométrique.....	54

CHAPITRE IV

IMPACT DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LES RESSOURCES EN EAU DANS LA WILAYA DE MOSTAGANEM

INTRODUCTION	59
IV.1. ANALYSE CLIMATIQUE.....	59
IV.1.1. Concernant la station de Mostaganem	60
IV.1.1.1. Les caractéristiques de la station de référence	61
IV.1.1.2. Les facteurs hydriques	62
IV.1.1.3. Les facteurs thermiques	63
IV.1.1.4. Evaporation.....	72
IV.1.1.5. Etude du climat	74
IV.1.1.6 Méthode des courbe ombrothermique : Méthode d'Euverte.....	78
CONCLUSION SUR LE CLIMAT DE MOSTAGANEM.....	79

IV.1.2. Analyse climatique	80
IV.1.2.1. Les stations pluviométriques intéressant le secteur d'étude	80
IV.1.2.2 Actualisation des données	92
IV..2. Analyse hydrogéologique et fluctuation des eaux souterraines	93
IV.2.1. Hydrogéologie	94
IV.2.2. Caractéristiques hydrogéologiques des aquifères.....	95
IV.2.2.1. Les couches aquifères	96
IV.2.3.1. Comportement hydrodynamique de la nappe.....	97
IV.3. Confrontation entre les besoins en eau et la ressource hydrique souterraine dans la Wilaya de Mostaganem	98
CONCLUSION	99
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	100

Liste des tableaux

Tab III.1 : les caractéristiques de la station de référence.....	11
Tab III.2 : température moyennes annuelles (c°) station de Mostaganem période (1989-2008).....	21
Tab III.3 : les températures moyennes mensuelle (C°) : station de Mostaganem période (1989-2008).....	26
Tab III.4 : les détails des valeurs adoptées par commune.....	31
Tab III.5 : régime annuelle des précipitations (mm) station de Mostaganem période.....	38
Tab III.6 : précipitations moyenne mensuelles (station de Mostaganem 1980-2008).....	42
Tab III.7 : précipitations moyenne saisonnières station de Mostaganem.....	44
Tab III.8 : régime saisonnier des précipitations(mm) station Mosta période (1980- 2008).	45
Tab III.9 : Humidité relatives moyennes annuelles (%) : station de Mosta ; Période (1989-2008)	48
Tab III.10 : Humidité relatives moyennes mensuelles (%) : station de Mostaganem ; Période (1989-2008)	49
Tab III.11 : l'humidité relative moyenne de Mostaganem (1989-2008)	51
Tab III.12 : Vitesses moyennes annuelles des vents (m/s) : station de Mostaganem ; Période (1989-2008)	52
Tab III.13 : Vitesse moyenne mensuelles des vents (m/s) : station de Mostaganem ; Période (1989-2008)	53
Tab III.14 : Les valeurs des durée d'insolation moyennes annuelle en heures : Station de Mostaganem ; période (1989-2008)	54
Tab III.15 : Les valeurs des durée d'insolation moyennes mensuelles en heurs : station de Mostaganem ; période (1989-2008)	56
Tab III.16 : l'évapotranspiration moyenne de Mostaganem (1980-2005)	57
Tab III.17 : indice d'aridité mensuels (1989-2008).....	58
Tab III.18 . Les caractéristiques de la station de référence.....	59
Tab IV.19 . Régime annuel des Précipitations (mm) : Station de Mostaganem ; Période (1980-2008).....	61
Tab IV.20 . Régime mensuel des précipitations (mm) : Station de Mostaganem ; Période (1980-2008).....	62
Tab IV.21 . Régime saisonnier des précipitations (mm) : Station de Mostaganem ; Période (1980-2008).....	63
Tab IV.22 . Régime saisonnier des précipitations (mm) : Station de Mostaganem ; Période (1980-2008).....	64
Tab IV.23 . Températures moyennes annuelles (°C) : Station de Mostaganem ; Période (1989-2008).....	65
Tab IV.24 . Les températures moyennes mensuelles (°C) : Station de Mostaganem ; Période (1989-2008).....	66
Tab IV.25 . Humidités relatives moyennes annuelles (%) : Station de Mostaganem ; Période (1989-2008).....	67
Tab IV.26 . Humidités relatives moyennes mensuelles (%) : Station de Mostaganem ; Période (1989-2008).....	68
Tab IV.27 . Vitesses moyennes annuelles des vents (m/s) : Station de Mostaganem ; Période (1989-2008).....	69
Tab IV.28 . Vitesses moyennes mensuelles des vents (m/s) : Station de Mostaganem ; Période (1989-2008).....	70
Tab IV.29 . Les valeurs des durées d'insolations moyennes annuelles en heures : Station de Mostaganem ; Période (1989-2008).....	72

Tab IV.30. Les valeurs des durées d'insolations moyennes mensuelles en heures : Station de Mostaganem ; Période (1989-2008).....	74
Tab IV.32. Evaporations moyennes annuelles : Station de Mostaganem ; Période (1989-2008).....	75
Tab IV.33. Variation de l'évaporation moyenne mensuelle (mm) : Station de Mostaganem ; Période (1989-2008).....	76
Tab IV.34. Moyenne mensuelle et annuelle des précipitations et de température : Station de Mostaganem ; pour les trois périodes étudiées.....	77
Tab IV.35. Les valeurs P/T : Station de Mostaganem ; pour les trois périodes étudiées....	77
Tab IV.36. Les coordonnées et les caractéristiques des stations.....	78
Tab IV.37. Les variations des précipitations mensuelles : Station de Bouguirat ; Période (1942-1962).....	79
Tab IV.38. Les variations des précipitations : Station de Bouguirat ; Période (1990-2000).....	79
Tab IV.39. Les variations des précipitations : Station d'el Ghomri ; Période (1948-1962).	80
Tableau IV.40. Les variations des précipitations : Station de l'Hillil ; Période (1947-1990).....	81
Tab IV.41. Les variations des précipitations : Station de l'Hillil ; Période récente (1990-2000).....	82
Tab IV.42. Précipitations mensuelles : Station de Bled Touahria ; Période (1990-2000).	83
Tab IV.43. Précipitations moyennes annuelles pour les trois stations (Bouguirat, Hillil, Bled Touahria) : Période (1990-2000).....	83
Tab IV.44. Les variations de température : Station de Bouguirat ; période (1990-2000).	84
Tab IV.45. Moyennes annuelles et mensuelles des maxima des vitesses du vent (m/s) : Station de Bouguirat ; période (1995-2005).....	87
Tab IV.46. Moyenne annuelle et mensuelle d'humidité relative (%) : Station de Mostaganem ; Période (1990-2000).....	89
Tab IV.47. Les valeurs d'évaporation moyennes mensuelles (%) : Station de Mostaganem ; Période (1990-2000).....	91
Tab IV.48. Fluctuation de la nappe entre Juillet 1975- Septembre2006.....	94
Tab IV.49 L'appréciation géographique de l'état des prélèvements d'irrigation par rapport À la ressource en eau souterraine en fonction des spécificités de l'unité hydrogéologique.....	95

Liste des figures

Fig I.1. Interaction entre les diverses composantes du système climatique.....	5
Fig.I.2. Quelques scientifiques précurseurs, qui ont perçus le changement climatiques...	9
Fig.I.3 L'effet de serre.....	11
Fig.II.4. Situation géographique de l'Algérie.....	26
Fig III.5 : Repères géographiques et économiques	34
Fig III.6 : Variation de la température moyenne annuelle (C°) au cours du temps : station de Mostaganem période (1989-2008)	35
Fig III.7 : variation des températures min, max, moy (C°) : station de Mostaganem Période (1989-2008).....	36
Fig. III.8 : précipitations moyennes annuelles (mm) : station de Mostaganem période (1980-2008)	43
Fig.III.9 : évaluation des précipitations moyennes mensuelles.....	43
Fig.III.10 : évaluation des précipitations moyenne saisonnières.	45
Fig.III.11 : précipitations moyenne saisonnières (mm) : station de Mostaganem Période (1980-2008)	46
Fig.III.12 : variation de l'humidité relatives moyenne annuelle (%) au cours du temps : Station de Mostaganem ; période (1989-2008)	47
Fig.III.13 : Humidité relative moyenne mensuelles (%) : station de Mostaganem ; Période (1989-2008)	47
Fig. III.14 : Variation moyenne annuelle de la force des vents (m/s) : station de Mosta ; période (1989-2008)	48
Fig III.15: Variation moyenne mensuelle de la force des vents (m/s) : période (1989-2006).....	49
Fig III.17: Variation de l'insolation moyenne mensuelle en heures : station de Mosta ; période (1989-2008).....	51
Fig IV.19. Fluctuation des précipitations moyennes annuelles (mm) : Station de Mosta ; Période (1980-2008)	60
Fig IV.20. Précipitations moyennes annuelles (mm) : Station de Mostaganem ; Période (1980-2008)	61
Figure IV.21. Précipitations moyennes mensuelles (mm) : Station de Mostaganem ; Période (1980-2008)	61
Figure IV.22. Précipitations moyennes saisonnières (mm) : Station de Mostaganem ; Période (1980-2008)	63
Figure IV.23. Evolution des précipitations moyennes saisonnières (mm) : Station de Mostaganem ; Période (1980-2008)	63
Figure IV.24. Variation de la température moyenne annuelle (°C) au cours du temps : Station de Mostaganem ; Période (1989-2008)	64
Figure IV.27. Humidité relative moyenne mensuelle (%) : Station de Mostaganem ;	65

Période (1989-2008)	66
Figure IV.28. Variation moyenne annuelle de la force des vents (m/s) : Station de Mostaganem ; Période (1989-2008)	66
Figure IV.29 Variation moyennes mensuelles de la force des vents (m/s) : Station de Mostaganem ; Période (1989-2008)	69
Figure IV.30. Variation de l'insolation moyenne annuelle en heures : Station de Mosta ; Période (1989-2008)	70
Figure IV.31. Variation de l'insolation moyenne mensuelle en heures : Station de Mosta ; Période (1989-2008)	71
Figure IV.32. Variation de l'évaporation moyenne annuelle : Station de Mostaganem ; Période (1989-2008)	72
Figure IV.33. Evaporation moyenne mensuelle (mm) : Station de Mostaganem ; Période (1989-2008)	73
Fig IV.34. Diagramme pluviothermique de station de Mosta ; Période (1989-2008). P1 : Première periode1989-2008.....	74
Fig IV.35. Diagramme pluviothermique de la station de Mostaganem ; Période (1989-1995)	75
Fig IV.36 Diagramme pluviothermique de la station de Mostaganem ; Période (1996-2008)	75
Fig IV.36. Diagramme Ombrothermique de la station de Mostaganem ; Période (1989-2008)	76
Fig IV.37. Diagramme Ombrothermique de la station de Mostaganem ; Période (1989-1995)	77
Fig IV.38. Diagramme Ombrothermique de la station de Mostaganem ; Période (1996-2008)	78
Fig IV.39 Répartition des précipitations mensuelles : Station de Bouguirat ; pour les deux périodes : Ancienne (1942-1962) et récente (1990-2000)	78
Fig IV.40. Répartition des précipitations mensuelles : Station de Nouvion ; période (1948-1962).....	79
Fig IV.41. Répartition des précipitations mensuelles : Station de l'Hillil ; Pour les deux périodes : Ancienne (1947-1990) et récente (1990-2000)	80
FigIV.42. Répartition des précipitations mensuelles : Station de Bled Touahria ; Période (1990-2000)	84
Fig IV.43. Répartition des précipitations mensuelles pour les stations, (Bouguirat, Hillil, Bled Touahria)	85
Fig IV.44. Des précipitations saisonnières pour les trois stations (Bouguirat, Hillil, Bled Touahria)	86
Figure IV.45. Répartition des totaux annuels des précipitations pour les trois stations (Bouguirat, Hillil, Bled Touahria) ; Période commune (1990-2000)	87
Figure IV.46. Températures moyennes mensuelles : Station de Bouguirat ; période (1990-2000)	88
Figure IV.47. Variation des vitesses moyennes maximales mensuelles du vent (m/s) : Station de Bouguirat ; période (1995-2005)	89
Fig IV.48. L'humidité relative mensuelle (%) : Station de Mosta ; Période (1990-2000) ...	90

Figure IV.46. Evolution de l'évaporation moyenne mensuelle (%) : Station de Mosta ; Période (1990-2000)	91
Figure IV.47. Evolution des températures annuelles de Mosta (Période : 1989-2022)	91
Figure IV.48 : variation des précipitations annuelles de Mosta (Période : 1989- 2022)...	92
Figure IV.49. Carte d'inventaire des puits à travers le synclinal de Bouguirat.....	95
Figure IV.50. Rabattement dans les puits témoins entre Juillet 1975- Septembre2006....	96
Figure IV.51. Mobilisation de la ressource en eau souterraine.....	99

Indices

% : pourcentage

< : Inférieure

> : Supérieur

Σ : La somme

°C : Celcius

G : gramme

H : heure

J : jour

L : Litre

Mg : Milligramme

ml : Millilitre

Pm : précipitations mensuelle

P : pluie moyenne

Tm : température mensuelle pour le mois considéré

Rn : rayonnement net

S : seconde

Liste des abréviations

CCNUCC : Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques

GES : Gaz à Effet de Serre

GIEC : Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'évolution du Climat

CC : Changement climatique

CNC : Comité National Climat

H_{max} : Altitude maximale.

H_{min} : Altitude minimale.

H_{moy} : Altitude moyenne.

H_{med} : Altitude médiane

T_{max} : Température maximale.

T_{min} : Température minimale.

T_{moy} : Température moyenne.

T_c : temps de concentration

Introduction Générale

La Wilaya de Mostaganem est caractérisé par un climat méditerranéen dont la pluviométrie n'atteint jamais les 400 mm par an, ses besoins en eau préviennent en grande partie des nappes souterraines ne convient pas les besoins ascendants des différents secteurs malgré la rentrée en service du MAO et surtout la reconversion de l'irrigation traditionnelle (à la raie) en irrigation localisé, en effet la superficie irriguée est de 42 620 ha représentant 32% par rapport à la SAU, lors l'irrigation localisé (goutte à goutte) est de 18 994 ha ce qui correspond à 44.6 % par rapport à la superficie irriguée (**Boulassel A. ; et al 2008**).

En Algérie, les changements climatiques et la sécheresse de ces dernières années ont fait que les pluies sont devenues irrégulières et la ressource en eau devenue de plus en plus rare créant ainsi un déséquilibre entre les besoins et les ressources disponibles. On constate alors une régression de la pluviométrie mais aussi de la vie économique et sociale de la population. Les ressources en eaux sont limitées actuellement à trois barrages : Kramis, Chellif, Karrada et le barrage de Gargar situé dans la wilaya de Relizane. Les ressources en eaux souterraines consistent 55 Hm³, ressources superficielles sont estimées à 85 Hm³, en ce qui concerne les ressources non conventionnelles consistent 30 Hm³ (**Lakhdar Z., 2007**).

Vue l'importance de l'eau qui constitue un élément primordial et un paramètre stratégique au développement de notre pays, pour cela il devrait apporter une contribution utile pour la gestion des ressources en eaux (**Banque Mondiale., 2009**).

L'objectif de ce travail consiste à connaître les ressources en eau à Mostaganem, état actuel et contraintes de distribution, à l'aide de la direction des ressources en eau de la wilaya. Ce travail est divisé en deux parties principales :

Une partie bibliographique compte essentiellement de deux chapitres

- Le premier chapitre donne généralité sur le climat ;
- Le deuxième chapitre l'Algérie au débat du changement

climatique Une partie pratique qui est composée de deux chapitres essentiels :

- Le Troisième chapitre donne une présentation générale sur la région d'étude de la wilaya de Mosta.
- Le quatrième chapitre donne les impacts des changements climatiques sur les ressources en eau dans la wilaya De Mostaganem.

Enfin, je termine mon travail par une conclusion générale.

Partie I
Partie Théorique
Recherches Bibliographiques

Chapitre I

Généralités sur le climat

INTRODUCTION

Le climat de la planète est en train de changer. Au cours des deux derniers siècles, la température à la surface du globe a augmenté en moyenne de 0,6°C. Le réchauffement observé au cours des 50 dernières années est dû principalement aux activités humaines, tout particulièrement à l'utilisation de combustibles fossiles (ACIA., 2007).

Au cours de l'histoire, la Terre a connu de nombreuses variations climatiques. Mais cette fois c'est différent. Ces 100 dernières années, la hausse de température n'a jamais été aussi rapide et importante qu'auparavant : 0.6-0.7°C. Un record, Quelques petits degrés de plus et c'est la catastrophe. Le climat n'étant pas un système linéaire, le moindre écart de température peut entraîner des réactions en chaîne aux effets dévastateurs (des scientifiques associés à l'IPCC (Intergouvernemental Panel on Climate Change) tentent constamment de modéliser ce phénomène et de prédire le climat à venir (Banque Mondiale., 2009).

I.1. Historique

Le climat de la Terre a subi d'importantes variations. Ainsi, au cours des trois derniers millions d'années, la Terre a connu une série de périodes glaciaires alternant avec des épisodes plus chaudes. Le maximum de la dernière période glaciaire s'est produit il y a environ dix-huit mille ans. Le réchauffement qui l'a suivi et dont nous bénéficions actuellement, s'est fait sur quelques milliers d'années. Il a permis à l'Homme de prospérer sur les cinq continents. Les traces de civilisation au Sahara, datant de cinq mille ans, ou celles laissées par les glaciers qui couvraient il y a vingt mille ans, une grande partie de l'Europe, sont des preuves parmi d'autres qui témoignent des variations climatiques subies par la Terre et de leurs influences sur l'Homme (CIEDE., 2001).

L'Homme avait peu d'influence sur ces causes naturelles qui sont à la base des variations naturelles du climat. En fait, il n'avait même pas les moyens d'agir de façon significative sur son environnement. Toutefois, à partir de l'ère préindustrielle (1750- 1800) et plus particulièrement avec les premières machines à vapeur, cette situation changea. L'Homme commençait à agir sur l'atmosphère et à modifier sa composition chimique. Cette pression a pris une nouvelle dimension à partir des années soixante durant lesquelles la croissance économique a été accompagnée par une pollution galopante qui a considérablement altéré la composition de notre atmosphère, constituant une atteinte perceptible de l'Homme à son environnement (CIEDE., 2001).

Cette intensification de l'activité humaine est à même de perturber le système climatique et éventuellement d'engendrer des évolutions anormales, ou des changements, connus sous le nom de « Changements Climatiques ». Donc, Il est opportun de distinguer entre les variations naturelles du climat et les Changements Climatiques. Les premiers étant d'origine naturelle en revanche, les seconds seraient la conséquence de l'activité humaine sur l'environnement en général, et l'atmosphère en particulier (CIEDE., 2001).

Le climat se définit comme une description des moyennes et des extrêmes météorologiques en un endroit limité. Le climat est naturellement variable comme en témoigne l'irrégularité des saisons d'une année sur l'autre. Cette variabilité est normale, et tient aux fluctuations des courants océaniques, aux éruptions volcaniques, au rayonnement solaire et à d'autres composantes du système climatique encore partiellement incomprises. De plus, notre climat aussi à ses extrêmes (comme les inondations, sécheresses, grêle, tornades et ouragans), qui peuvent devenir dévastateurs (CNES., 2006).

La variabilité du système climatique à l'échelle planétaire et à l'échelle du siècle résulte des interactions entre ses diverses composantes comme l'atmosphère, l'hydrosphère (océans, lacs, rivières), la cryosphère (banquise, surfaces enneigées, calottes polaires), la biosphère (continentale et marine) et la partie supérieure de la lithosphère, concernée par le cycle de l'eau. Cette variabilité résulte aussi de forçages externes au système, qu'ils soient naturels (comme la variabilité solaire ou l'activité volcanique) ou anthropiques (liés à l'activité humaine) (Figure 1) (CNES., 2006).

Cependant, depuis quelques décennies, un certain nombre d'indicateurs et d'études montrent que le climat se réchauffe à l'échelle du globe... Un phénomène inquiétant qui nous interpelle sur nos activités massivement émettrices en gaz à effet de serre (Serge P., 2006).

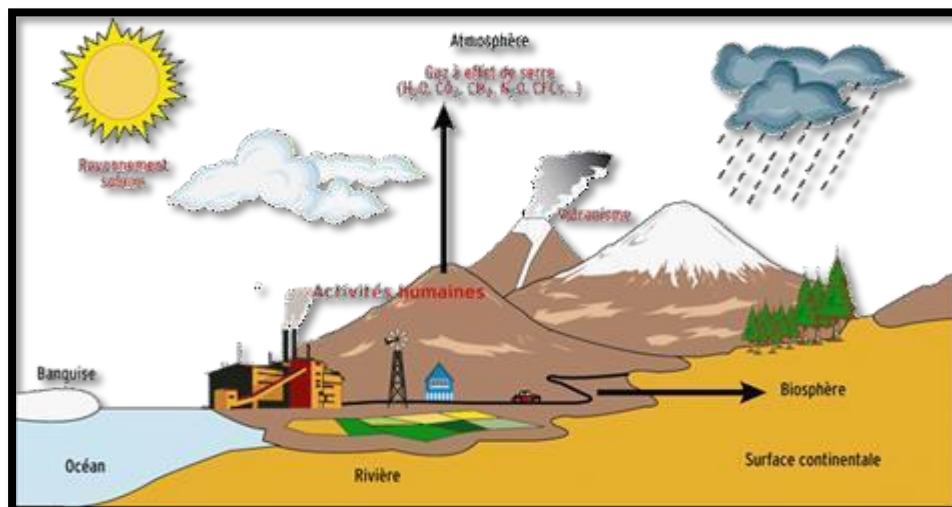


Fig. I.1. Interaction entre les diverses composantes du système climatique.

Source : Pour la Science.

Or ; depuis les 4,6 milliards d'années que la planète Terre existe, le climat n'a cessé de varier à sa surface et ce, souvent, dans des proportions très larges. Toute l'histoire du climat décrit l'amplitude de ces variations et leurs caractéristiques, et une immense partie de cette histoire nous est encore totalement inconnue (**Sénat., 2002**).

L'essentiel des connaissances précises sur les climats du passé résulte de fouilles archéologiques et d'analyses de carottes glaciaires. Ces deux efforts conjugués ont permis de remonter jusqu'à 420.000 années avant notre époque, ce qui signifie que n'est actuellement connu assez précisément qu'un dix millième de l'histoire climatique de la Terre, et cela doit inciter à une très grande modestie dans l'analyse et les affirmations qui pourraient être tirées de ces analyses comme dans les tentatives de modélisation d'une évolution logique du climat.

Les recoupements opérés entre les analyses archéologiques et celles des carottes glaciaires effectuées essentiellement, pour les premières, par Mme Nicole PETITMAIRE et par M. Claude LORIUS, pour les glaces, permettent de montrer que de grands changements peuvent être constatés à la suite de variations climatiques moyennes n'excédant sans doute pas 5 ° d'amplitude thermique (**Sénat., 2002**).

Retracer l'histoire du climat jusqu'à l'époque contemporaine et l'apparition du phénomène anthropique du réchauffement climatique revient à examiner les événements de l'histoire du monde et leur corrélation avec les différentes phases de réchauffement et de glaciation ponctuant les changements climatiques successifs.

Les phases antérieures à l'Histoire humaine relèvent de la paléoclimatologie. Elles permettent de suivre, au fil des périodes de glaciations successives, les variations liées au changement climatique ayant affecté les sols et les espèces, selon leur nature. Le cycle du carbone en est désormais partie prenante ; la fréquence d'étude de cette phase est donc comparable à l'échelle des temps géologiques (**Sénat., 2002**).

1. Les glaciations : le cycle des changements climatiques permet aujourd'hui de détailler les sept glaciations antérieures :

1. (<de 650 000 à 450 000, autres glaciations restant à identifier>).
2. Jusque 450 000 ans en arrière : Interglaciaire de Waal.
3. Jusque 400 000 ans en arrière : Glaciation de Günz ou Nébraskien.
4. Jusque 350 000 ans en arrière : Interglaciaire de Cromer ou Aftonien.
5. Jusque 320 000 ans en arrière : Glaciation de Mindel, ou Elster ou Kansien.
6. Jusque 270 000 ans en arrière : Interglaciaire de Holstein ou Yamouthien.
7. Jusque 200 000 ans en arrière : Glaciation de Riss, ou Saal, ou de l'Illinoien.

8. Jusque 125 000 ans en arrière : Interglaciaire de Eem ou Sangamonien ou Eémien.
 9. Jusque 70 000 ans en arrière : Glaciation de Würm, ou Weichsélien.
 10. Jusque 11625 ans en arrière : Interglaciaire de l'Holocène, (Holocene climatic optimum) parfois désigné comme « le nouveau réchauffement » de l'Holocène
2. Début de l'histoire humaine écrite et constatation des variations climatiques par les chroniqueurs.

- ✓ 535-536 : Changement climatique de 535-536 (Climate changes of 535–536), constaté par le byzantin Procope de Césarée
- ✓ Xe siècle - XIVe siècle : Optimum climatique du Moyen Âge, un réchauffement localisé à l'Europe, voire à l'Amérique du Nord
- ✓ Années 1550 - années 1850 : Petit âge glaciaire

3. La dernière phase est contemporaine et s'attache à décrire les multiples effets du réchauffement climatique ; elle est à séparer du reste compte tenu de la constante ingérence anthropique sur les équilibres climatiques depuis l'avènement de la révolution industrielle et le contrôle des énergies polluantes par l'Humanité (**Wikipédia ;2009**).

Recul des glaciers depuis 1850 Il a d'abord été suspecté puis modélisé par Svante Arrhenius. Depuis, la communauté scientifique internationale admet majoritairement que ce réchauffement tend à s'emballer et que les cycles et processus de régulations climatiques classiques sont dépassés, avec notamment :

-Le dégel du pergélisol gorgé de méthane (CH₄), dont l'action sur l'effet de serre est de 23 fois supérieur au dioxyde de carbone (CO₂).

-La fonte des glaces polaires et des glaciers augmentent l'absorption par les sols et les océans des rayonnements solaires.

-Durant les canicules plus fréquentes, la végétation ralentit sa croissance et donc sa capacité à extraire le carbone de l'atmosphère.

Il s'agirait d'un basculement vers un déséquilibre climatique de forte ampleur, sans que l'on puisse déjà savoir si un point de non-retour est atteint (**Wikipédia., 2009**)

I.2. Chronologie des découvertes

La prise de conscience du phénomène de l'intensification du fameux réchauffement climatique est assez récente dans le monde scientifique -même si des précurseurs comme FOURIER ou Svante ARRHENIUS ; ainsi que d'autres, mentionnés dans la liste ci-dessous et qui avaient perçu le phénomène, et elle est seulement en train de s'effectuer au-delà de ce cercle. En 1824, Joseph FOURIER, physicien français, surnommé "effet de serre" le phénomène démontré par Horace Bénédicte DE SAUSSURE à la fin du 18ème siècle : la température sur Terre est accrue par l'atmosphère qui piège une partie du rayonnement infrarouge émis par la Terre **(CNES., 2006)**.

Dans la seconde moitié du XIXe siècle, le Britannique John Tyndall découvre le rôle particulier de gaz en très faible quantité dans l'atmosphère, tels que la vapeur d'eau et le gaz carbonique, qui représentent respectivement 0,25 et 0,06 pour cent environ de la masse atmosphérique. Ces gaz absorbent peu le rayonnement visible, mais absorbent beaucoup plus les infrarouges. Ils « Piègent » de ce fait le rayonnement qui monte de la surface terrestre, puis réémettent ce rayonnement dans toutes les directions de l'espace. La surface terrestre reçoit ainsi un surcroît d'énergie radiative qui contribue à son réchauffement. Ce mécanisme naturel réchauffe notre planète d'environ 34 °C **(CNES., 2006)**.

Svante ARRHENIUS annonçait dès 1896, qu'en brûlant le charbon, les hommes allaient réchauffer la planète via un effet de serre renforcé et fût donc le premier à mettre en évidence le risque de réchauffement climatique. Il indiquait déjà avec beaucoup de clairvoyance que le doublement de la concentration en dioxyde de carbone dans l'atmosphère devrait entraîner l'augmentation de la température de 4°C à 6°C. En 1958, Charles David KEELING commence à mesurer les concentrations de CO₂ sur le volcan Mauna Loa à Hawaï : elles sont alors de 315 ppm puis de 330 ppm en 1974 : preuve locale d'une augmentation de la concentration en CO₂. En 1979, l'Académie nationale des sciences américaine lance la première étude rigoureuse sur le réchauffement de la planète. Le comité Charney qui en eu la charge concluait déjà que " si les émissions de dioxyde de carbone continuent d'augmenter, le groupe d'étude ne voit aucune raison de douter que des changements climatiques en résulteront, et aucune raison de penser que ces changements seront négligeables " **(CNES., 2006)**.

Au début des années 80, le glaciologue grenoblois Claude LORIUS entreprit une coopération avec ses collègues soviétiques de la station Vostok, installée au cœur de l'Antarctique. En 1985,

Les foreurs russes parviennent à extraire des carottes de glace jusqu'à un kilomètre de profondeur. Publiées en 1987, leur analyse réalisée à Grenoble et à Saclay par les équipes de Dominique RAYNAUD et Jean JOUZEL, démontre que, depuis cent mille ans, il existe une corrélation étroite entre températures moyennes et teneurs en gaz à effet de serre. En 1999, la démonstration s'est étendue aux 400 000 dernières années. Sur cette période, jamais la teneur en gaz à effet de serre n'a atteint les valeurs actuelles. Enfin, en 2008 confirmation a été apportée sur une période de 800 000 ans.... Depuis 1988, plusieurs milliers de chercheurs internationaux se sont réunis sous l'égide des Nations Unies pour constituer le Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) ou IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) afin de travailler sur ce bouleversement global et rapide (CNES., 2006).

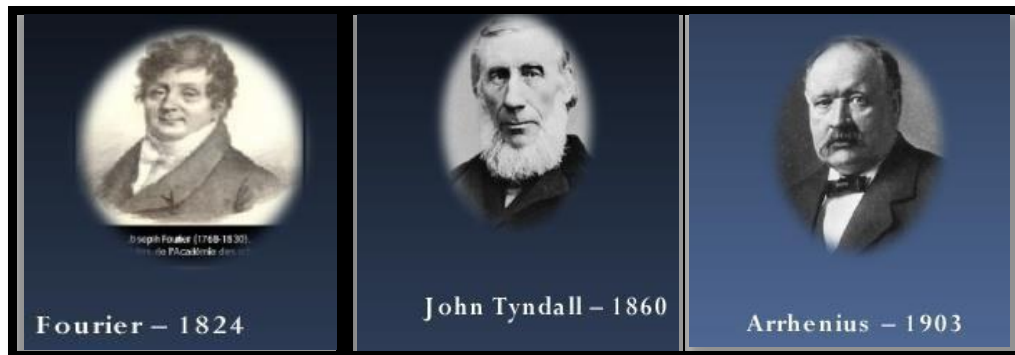


Fig I.2. Quelques scientifiques précurseurs, qui ont perçus le phénomène
Du changement climatique.

Source : Pour la science.

Il est maintenant établi par la science que des changements du climat de la Terre sont en cours, du fait du rejet dans l'atmosphère de gaz à effet de serre par certaines activités humaines. Ces changements climatiques induiront une augmentation lente et continue de la température globale moyenne de la surface de la Terre ainsi qu'une augmentation de la fréquence et de l'intensité des phénomènes climatiques extrêmes (sécheresses, inondations, vagues de chaleur par exemple) (CNES., 2006).

I.3. Les changements climatiques

Les Changements Climatiques constituent le plus grand défi écologique du 21ème siècle auquel la communauté internationale doit faire face. Les recherches menées au niveau international ont confirmé le réchauffement global de la planète dû aux émissions des gaz à effet de serre qui devrait avoir des effets néfastes sur les équilibres environnementaux, sur la santé de l'homme et sur le développement durable d'une façon générale (CIEDE., 2001).

I.3.1. Réchauffement climatique

Un changement climatique correspond à une modification durable (de la décennie au million d'années) des paramètres statistiques (paramètres moyens, variabilité) du climat global de la Terre ou de ses divers climats régionaux. Ces changements peuvent être dus à des processus intrinsèques à la Terre, à des influences extérieures ou, plus récemment, aux activités humaines. Ce sont donc, des changements dans le climat dans différentes parties de la planète. Ces changements sont observés dans les précipitations, les vents, les tempêtes etc. Tous les éléments associés au temps peuvent être affectés **(Joanne L., Wendy B., 2000)**.

Dans le contexte récent de la politique écologique, le terme « changement climatique » ne correspond qu'aux changements du climat actuel, apparus au long du XX^e siècle et attendus pour le XXI^e siècle.

Dans les travaux du GIEC, le terme « changement climatique » fait référence à tout changement dans le temps, qu'il soit dû à la variabilité naturelle ou aux activités humaines. Au contraire, dans la Convention cadre des Nations Unies sur le changement climatique, le terme désigne uniquement les changements dus aux activités humaines. La Convention-cadre utilise le terme « variabilité climatique » pour désigner les changements climatiques d'origine naturelle **(Wikipédia., 2009)**.

Le réchauffement climatique, également appelé réchauffement planétaire ou réchauffement global, est un phénomène d'augmentation de la température moyenne des océans et de l'atmosphère, à l'échelle mondiale et sur plusieurs années. Dans son acception commune, ce terme est appliqué au changement climatique observé depuis environ vingt-cinq ans, c'est-à-dire depuis la fin du XX^e siècle. La plupart des scientifiques attribuent à ce réchauffement global une origine en grande partie humaine.

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) est chargé d'établir un consensus scientifique sur cette question. Son dernier et quatrième rapport, auquel ont participé plus de 2 500 scientifiques de 130 pays différents, affirme que la probabilité que le réchauffement climatique depuis 1950 soit d'origine humaine est de plus de 90 %. Cette thèse est contestée par une minorité de scientifiques **(Wikipédia., 2008)**.

L'expression "effet de serre" est souvent confondue avec "réchauffement". Mais, il ne faut pas confondre ces deux termes. " L'effet de serre « est un phénomène physique propre à la matière. L'homme ne peut modifier le principe de l'effet de serre, mais il contribue, en modifiant la composition de l'atmosphère, à augmenter la quantité d'énergie retenue par elle. C'est pourquoi nous devrions parler de réchauffement global de l'atmosphère terrestre, plutôt que d'effet de serre, pour désigner le phénomène de déséquilibre climatique (Claude V., François

R., 2001). Les scientifiques s'accordent aujourd'hui pour affirmer la prépondérance du rôle des activités humaines dans le changement climatique et pour voir dans l'effet de serre le principal mécanisme conduisant au réchauffement de la planète (Djelti I., 2007).

I.3.2. L'effet de serre

L'effet de serre est un phénomène naturel tout à fait nécessaire afin d'assurer la vie sur Terre. L'atmosphère retient la chaleur solaire de la même façon que les parois en matière plastique ou en verre des serres laissent passer la radiation visible, mais retiennent la chaleur.

L'effet de serre permet d'équilibrer la température moyenne du globe à un niveau suffisant pour que la majeure partie de l'eau demeure sous forme liquide. Comme la plupart des formes de vie ont absolument besoin d'eau sous forme liquide pendant au moins une partie de leur cycle vital, l'effet de serre est nécessaire au maintien de la vie sur la Terre.

Bien sûr, l'effet de serre explique également pourquoi certaines planètes du système solaire connaissent des températures élevées. Ainsi, la planète Vénus, à cause de la présence abondante de gaz carbonique, connaît des températures avoisinant les 470°C (Claude V., François R., 2001).

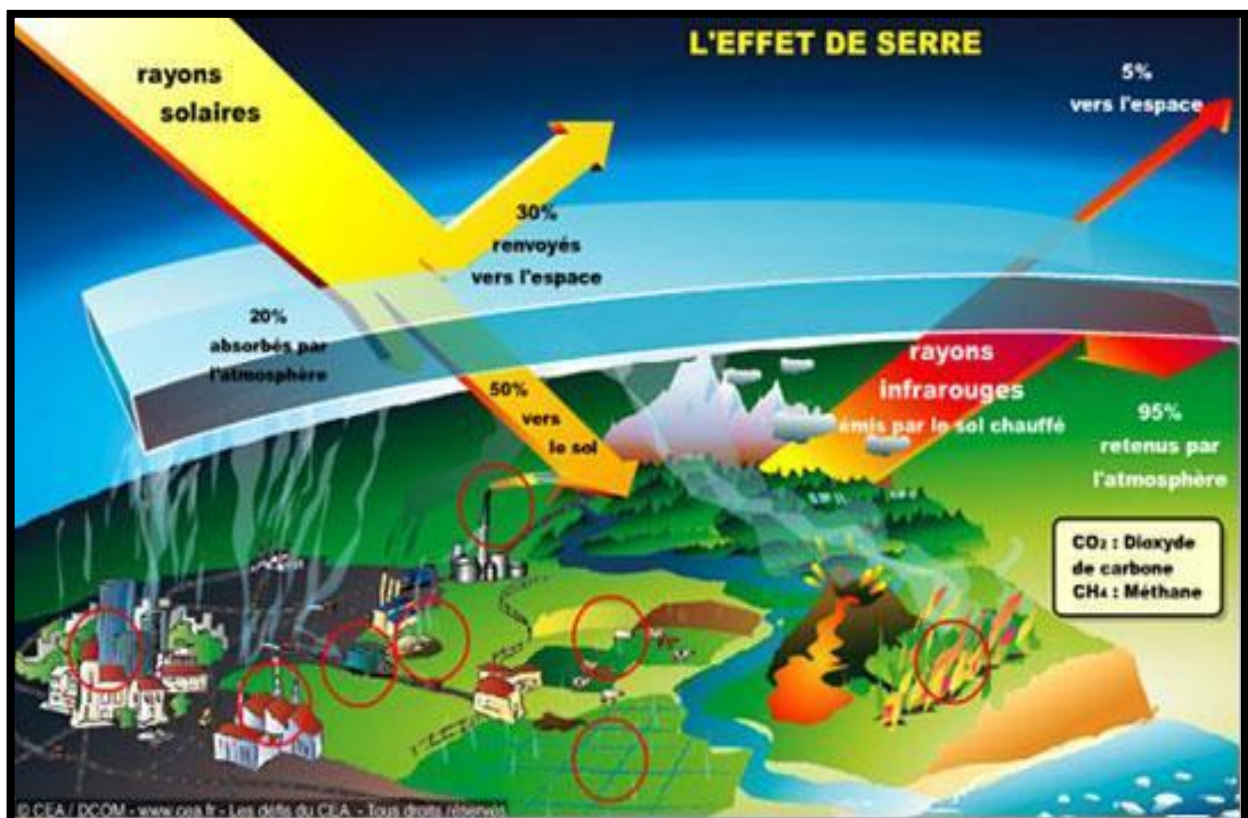


Fig I.2. L'effet de serre.

Source : Crédit CEA.

Le soleil est la principale source d'énergie pour la terre. Une partie du rayonnement solaire absorbée par la terre est renvoyée sous forme de rayonnement infrarouge (IR) vers l'atmosphère. Ce rayonnement IR est absorbé par des gaz présents dans l'atmosphère, dits gaz à effet de serre (vapeur d'eau, dioxyde de carbone (CO₂), méthane (CH₄), les chlorofluorocarbones (CFC), etc. Puis renvoyé dans l'atmosphère sous forme de chaleur. Ces gaz se comportent comme les vitres d'une serre (**Figure 3**) ; d'une part ils laissent passer le rayonnement solaire de courte longueur d'onde et d'autre part, ils absorbent le rayonnement IR émis par la surface de la terre. Ce piégeage du rayonnement IR est connu sous le nom d'effet de serre (**CIEDE., 2001**).

La répartition de la température au sol dépend de la présence de ces gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Sans eux, la température moyenne sur terre serait de -18°C ce qui la rend inhabitable. Leur présence amène cette température à +15°C.

Les gaz à effet de serre sont naturellement très peu abondants, leur concentration dans l'atmosphère ne dépasse pas 1% et pourtant, toute fluctuation, aussi minime soit-elle, de la quantité de ces gaz peut avoir de graves conséquences sur le climat (**CIEDE., 2001**).

L'effet de serre est un mécanisme naturel et essentiel à la vie sur terre. Il n'est donc pas problématique en soi mais il le devient par la production excessive de ces gaz.

Durant les dernières décennies, le développement de l'activité humaine a probablement amplifié l'effet de serre engendrant ainsi des risques potentiels de Changements Climatiques. Du fait de cette incontrôlable activité, la concentration de ces gaz dans l'atmosphère s'est sensiblement modifiée : ainsi, la concentration en CO₂, principal GES, a augmenté de 30% depuis l'ère préindustrielle (**CIEDE., 2001**).

Les effets combinés de tous les GES équivalent aujourd'hui à une augmentation de 50% de CO₂ depuis cette période. La température moyenne de notre planète résulte de l'équilibre entre le flux de rayonnement qui lui parvient du soleil et le flux de rayonnement infrarouge renvoyé vers l'espace.

L'homme possède seulement un pouvoir sur le rythme et le volume des émissions des gaz à effet de serre. Il peut aller jusqu'à renoncer à en émettre de nouveaux ou à mettre fin à l'émission de gaz de source exclusivement anthropique. Ses émissions menacent cet équilibre instable (**CIEDE., 2001**).

I.3.2.1. Les principaux gaz à effet de serre

A l'état naturel, la vapeur d'eau demeure le principal gaz à effet de serre. L'activité humaine n'a point d'influence significative sur son cycle de vie. Les gaz à effet de serre peuvent être émis par la nature ou par l'homme.

Leurs caractéristiques sont très diverses : ainsi, leur capacité de réchauffement, comme leur durée de résidence dans l'atmosphère sont très inégales.

En étudiant le rôle joué par les gaz à effet de serre dans l'intensification de celui-ci, il semblerait logique d'énoncer une liste limitative des gaz émis par la nature comme par l'homme, (**GIEC 2001**), ; de plus, cette liste elle-même n'est pas close, de nouveaux gaz à effet de serre pouvant toujours être inventés par l'homme.

Les trois principaux gaz à effet de serre anthropiques (dont l'activité humaine a une influence considérable sur leurs concentrations), sont : le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et l'oxyde nitreux (N₂O). Dans le protocole de Kyoto sont également inclus : les hydrofluorocarbures (HFCS), le perfluorocarbure (PFCS) et le sulfure Hexafluoride(SF₆).

Le dioxyde de carbone (CO₂)

C'est le plus important gaz à effet de serre produit par l'activité humaine. Le CO₂ est rejeté dans l'atmosphère par le biais de la décomposition des mécanismes naturels de la vie des plantes et des animaux et de la combustion des énergies fossiles. Le CO₂ est absorbé par la photosynthèse et par les océans. La concentration grandissante de dioxyde de carbone dans l'atmosphère est la principale cause de l'actuelle tendance au réchauffement (**CIEDE., 2001**).

Le méthane (CH₄)

Ce gaz est moins abondant que le CO₂, il absorbe la chaleur plus efficacement, ce qui en fait un gaz à effet de serre très puissant. Il provient de la décomposition de matière dans un environnement sans oxygène. Les terres humides, les rizières, les végétations brûlées, l'élevage des animaux, la décomposition des déchets et l'extraction des énergies fossiles en sont les principales sources (**CIEDE., 2001**).

L'oxyde nitreux (N₂O)

C'est un gaz à effet de serre puissant mais qui se trouve en très faible concentration. Ce gaz est produit principalement par les engrais chimiques et le fumier utilisés dans le secteur agricole (**CIEDE., 2001**).

I.4. Aperçu sur le processus des Changements Climatiques

Les Changements Climatiques se trouvent aujourd'hui au centre des préoccupations internationales en matière d'environnement et de développement. L'évaluation des interactions des émissions de GES avec le climat avaient fait l'objet de plusieurs recherches initiées par l'IPCC (en anglais 'Intergovernmental Panel on Climate Change' ou 'Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat'). Celles-ci ont débouché sur les constats suivants (**article2**) :

- Les interactions entre les activités humaines et le système climatique de la planète sont fortes
- -En l'absence de mesures de riposte, ces interactions pourraient mettre en danger le développement et l'existence des générations futures. De ce fait, il a été reconnu que le développement économique d'une part, la protection de l'environnement et la préservation des ressources naturelles d'autre part, sont fortement imbriqués.

Les pays en développement, et en particulier les pays Africains, seront écologiquement, économiquement et socialement les plus vulnérables aux impacts des changements climatiques. Les pays industrialisés, principaux responsables de cette situation, sont, d'ores et déjà, les mieux armés pour affronter une telle situation. « Les pays en développement, et en particulier les pays africains, seront les plus vulnérables aux impacts des Changements Climatiques ».

Suite à ces constats, l'assemblée Générale des Nations Unies a mis en place un Comité Intergouvernemental de Négociations qui s'est réuni la première fois en février 1991. Quinze mois plus tard, le Comité a adopté par consensus, le 9 mai 1992 la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC), ouverte à la signature lors de la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement, appelée désormais « Sommet de la Terre », le 4 juin 1992 à Rio de Janeiro, puis entrée en vigueur le 21 mars 1994. A Berlin, en Mars 1995, la première Conférence des Parties (COP 1) à la Convention Organe Suprême de la Convention composé des pays l'ayant ratifiée mettait en évidence l'inadéquation entre les engagements contenus dans la convention, déjà peu contraignants, et les objectifs qu'elle s'était assignés, dont le plus important était de stabiliser la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique (**article2**).

En effet, au rythme actuel de la mise en œuvre des efforts d'atténuation, les objectifs indicatifs de stabilisation des émissions ne pourront pas être atteints, et les émissions devront même significativement augmenter dans la majorité des cas, confirmant ainsi les hypothèses peu optimistes émises par la majorité des spécialistes du fait de l'absence de règles contraignantes de réduction des émissions (**La Haye,2000**).

La COP 2 tenue à Genève en 1996, a justement envisagé la formulation d'un protocole qui introduirait des engagements quantifiés et plus contraignants pour les pays de l'Annexe 1, pour la réduction des émissions de GES (**La Haye,2000**).

La COP 3 tenue à Kyoto en décembre 1997, a constitué une avancée majeure du processus lié aux Changements Climatiques, puisqu'un Protocole y a été pour la première fois formulé et les problèmes clés y ont été explicitement cités :

- Les objectifs quantifiés de réduction des émissions pour les pays de l'annexe 1.
- Les modalités de concrétisation de ces objectifs quantifiées (échanges de droits d'émettre, mécanismes de financement, ...etc.).

« La COP 3 tenue à Kyoto en décembre 1997, a constitué une avancée majeure du processus lié aux Changements Climatiques »

La COP 4 qui s'est déroulée à Buenos Aires en 1998 a également représenté une étape majeure pour l'avancée du processus. En effet, c'est là qu'a été mis au point le Plan d'Action de Buenos Aires (PABA) qui fixe l'an 2002 comme date d'entrée en vigueur du Protocole à l'occasion du Second Sommet de la Terre (**Bonn, 1999**).

La COP 5 (**Bonn, 1999**) et la COP 6 (**La Haye, 2000**) ont contribué à l'avancement du processus, notamment en ce qui concerne les modalités de mise en place des mécanismes de flexibilité du Protocole de Kyoto, le recours aux forêts comme puits d'absorption de GES et les questions relatives aux mesures à prendre dans le cas du non-respect des obligations. Lors de ces deux dernières Conférences, les Parties à la Convention, dont notamment les pays en voie de développement et les pays dont l'économie est en transition, ont accordé beaucoup d'intérêt aux négociations relatives au Mécanisme de Développement Propre (l'un des Mécanismes de flexibilité du Protocole de Kyoto) ainsi qu'au transfert des technologies et du savoir-faire écologiquement rationnel et le renforcement de leurs capacités pour mieux répondre aux exigences de la Convention (**CIEDE., 2001**).

I.4.1. Le protocole de Kyoto

Le Protocole de Kyoto a été adopté lors de la troisième conférence des parties à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques en décembre 1997. L'élément le plus important de ce protocole est l'engagement des pays industrialisés figurant à l'annexe B de réduire leur émission de gaz à effet de serre de 5.2% en moyenne par rapport au niveau de 1990 sur la période allant de 2008 à 2012.

Pour atteindre les objectifs de réduction des émissions, le protocole a prévu le recours à des mécanismes de flexibilité comme l'échange de droits d'émissions, la mise en œuvre conjointe et le Mécanisme pour un Développement Propre. Les règles, les lignes directrices et les procédures régissant ces mécanismes font l'objet des négociations internationales depuis 1998.

Deux conditions doivent être remplies pour la mise en œuvre du Protocole :

- Au moins 55 parties à la Convention ratifient le protocole ;
- Des parties à l'annexe 1 responsables d'au moins 55% de toutes les émissions de dioxyde de carbone de l'annexe I en 1990, ratifient également le protocole (**CIEDE., 2001**).

I.4.2. Le protocole de GIEC

« Le quatrième rapport d'évaluation est un jalon dans l'acquisition de connaissances scientifiques sur le changement climatique et la grave menace que représente le réchauffement de la planète » (**M. Dimas 2007**).

Les conclusions du rapport nous adressent un avertissement sévère qui nous exhorte à réduire rapidement les émissions mondiales de gaz à effet de serre si nous voulons éviter que le changement climatique ne prenne des proportions dévastatrices. La bonne nouvelle c'est que le rapport montre également que des réductions drastiques des émissions sont techniquement possibles et économiquement viables.

Ce rapport de synthèse à constituer une lecture capitale pour les décideurs du monde entier ayant précédé la conférence des Nations unies sur le changement climatique qui s'est déroulée à Bali (**M. Dimas 2007**).

Il conforte totalement la politique de l'UE qui vise à limiter le réchauffement de la planète à 2°C au-dessus des températures de l'ère préindustrielle. L'ensemble de la communauté mondiale doit répondre à ce cri d'alarme des scientifiques en acceptant, à Bali, d'ouvrir les négociations en vue d'un nouvel accord mondial, global et ambitieux en matière de changement climatique. Il faudra que tous les grands pays émetteurs consentent des efforts pour que nous ayons une chance de juguler le changement climatique avant qu'il ne soit trop tard (**M. Dimas 2007**).

Les principales conclusions du quatrième rapport d'évaluation confirment l'analyse qui a sous-tendu le train de mesures communautaires sur l'énergie et le climat présenté par la Commission, et approuvé par le Conseil européen, à savoir :

- Le changement climatique s'accélère et il est pratiquement certain qu'il est dû aux émissions de gaz à effet de serre résultant des activités humaines.
- Le changement climatique affecte déjà les populations.
- Il faut réduire d'urgence et de manière radicale les émissions mondiales de gaz à effet de serre.
- Ces réductions des émissions sont possibles.
- La société doit s'adapter au changement climatique.

En réponse à ce pressant appel à l'action, l'Union européenne s'est engagée à faciliter la transition vers une économie sobre en carbone, et elle met actuellement en place des mesures concrètes et ambitieuses pour réduire radicalement ses émissions, qui impliquent des efforts tant au niveau européen que de la part des États membres (**M. Dimas 2007**).

Les principaux éléments de l'action de l'UE sont les suivants :

- Engagement de réduire les émissions de gaz à effet de serre d'au moins 20 % par rapport à leur niveau de 1990 d'ici à 2020,

La réduction pouvant être portée à 30 % dans le cadre d'un accord global équitable.

- Engagement ferme de porter l'utilisation des énergies renouvelables à 20 % d'ici à 2020.
- Large éventail de mesures visant à obtenir 20 % d'amélioration de l'efficacité énergétique d'ici à 2020.
- Développement et renforcement du système communautaire d'échange de quotas d'émission.
- Fixation d'une valeur limite ambitieuse pour les émissions de CO₂ des voitures.
- Cadre pour l'introduction des techniques de piégeage et stockage du carbone dans le secteur de la production d'électricité.
- Élaboration d'une stratégie d'adaptation efficace.

Le rapport de synthèse est la dernière partie du quatrième rapport d'évaluation du GIEC, intitulé « **Changement climatique 2007** ». Les trois autres parties, publiées plus tôt dans la même année, portaient sur le processus physique du changement climatique (voir IP/07/128), sur les incidences, l'adaptation et la vulnérabilité (voir IP/07/491) et sur les moyens d'atténuer le changement climatique (voir IP/07/610) (**GIEC., 2007**).

I.4.2.1. Contexte du protocole de GIEC

Le GIEC analyse les informations scientifiques, techniques et socio-économiques permettant d'apprécier le risque de changement climatique dû à l'activité humaine.

Ses rapports réguliers s'appuient essentiellement sur des publications scientifiques et techniques évaluées par des experts. Les analyses sont produites par trois groupes de travail qui rassemblent des centaines d'éminents experts du monde entier. Les rapports fournissent ainsi les avis scientifiques les plus autorisés au niveau mondial en matière de changement climatique. Les projets de recherche financés au titre des programmes-cadres de recherche de l'UE et des programmes de recherche menés par les États membres ont constitué une contribution importante à ces rapports (**M. Dimas 2007**).

Le GIEC s'est vu décerner le prix Nobel de la paix conjointement avec l'ex-vice-président Al Gore (2007) pour « leurs efforts visant à renforcer et à propager la prise de conscience des changements climatiques dus à l'homme et jeter les bases des mesures nécessaires pour contrer de tels changements. » **GIEC., 2007**).

A. Les COP : une brève histoire de la COP1 à la COP26

Depuis 1995, plus d'une centaine de pays du monde entier se réunissent chaque année lors des COP pour parler du climat et de la lutte contre le réchauffement climatique. Du fait de la complexité du sujet et des enjeux qui se cachent derrière, c'est un processus long où se mêlent de problématiques environnementales, économiques, sociales et diplomatiques (**Dimas 2007**). Les COP sont nées lors du sommet de la Terre de Rio En 1992, plus de 178 pays se rencontrent

à Rio de Janeiro pour la conférence décennale de l'ONU sur l'environnement et le développement. Des avancées significatives sont ainsi faites, comme la signature de la Déclaration de Rio de Janeiro sur l'environnement et le développement qui donne une définition "officielle" du développement durable.

Dans cette déclaration est présente une convention sur le climat qui appuie la nécessité de réduire les émissions de gaz à effet de serre afin de minimiser l'impact humain sur le changement climatique (M. Dimas 2007).

La machine est alors lancée : chaque année, les pays ayant signé la convention sur le climat du sommet de Rio se retrouveront pour trouver des solutions concrètes pour lutter contre le changement climatique : c'est la fameuse "conférence des parties" qui prendra place chaque année dans une ville différente. Des acteurs non gouvernementaux y prendront aussi place (ONG, entreprises, villes, citoyens etc.) afin de représenter au mieux la société qui doit lutter contre le changement climatique (M. Dimas 2007).

B. L'avant-Kyoto

La première COP a eu lieu en 1995 à Berlin. Elle fixe pour chaque pays ou région des objectifs chiffrés en matière d'émissions de gaz à effet de serre et de réductions correspondantes à atteindre. Cet engagement chiffré passe une série de mesures et d'engagements politiques.

La deuxième COP s'est déroulée à Genève en 1996. Elle a eu lieu juste après la publication du deuxième rapport du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat), qui renforce les charges sur le rôle des émissions de gaz à effet de serre d'origine anthropique. Il y est déclaré et admis que : "les changements climatiques représentent un danger pour l'humanité (GIEC., 2007).

C. Kyoto et sa ratification

En 1997, la conférence des parties se déroule à Kyoto pour sa troisième année. Pour la première fois dans l'histoire de l'humanité, un protocole contraignant visant à encadrer les émissions de CO₂ de plus d'une centaine de pays est élaboré. Les objectifs sont chiffrés : réduire de 5,2% les émissions de gaz à effet de serre planétaires d'ici 2020 en se servant de l'année 1990 comme référence. Pour l'Union européenne, cet objectif se traduit par une baisse totale de ses émissions de 8%.

Des mécanismes de flexibilité sont aussi étudiés afin de pouvoir aider les pays signataires à développer le maximum de pistes afin de réduire leurs propres émissions. Ils mèneront à la création des mécanismes de développement propre (MDP) et à la mise en œuvre conjointe (MOC) (GIEC., 2007).

Pour que le protocole de Kyoto puisse rentrer réellement en vigueur, il fallait au moins que 55

Pays ratifient le traité. Ce sera chose faite en 2002 lorsque l'Islande s'engagera à réduire ses émissions. En clair, il aura fallu attendre 5 ans pour mettre en œuvre ce protocole, Il sera officiellement ratifié en 2005 lors de la COP11 à Montréal.

Ces huit années entre 1997 et 2005 ont été à l'origine de négociations très fortes et de clarification de la mise en œuvre de ce protocole : mise en place de la méthodologie de comptabilité, des marchés d'émissions, des mécanismes de fond propre, du système d'observation et de gouvernance, etc.

La grande déception du protocole de Kyoto vient du fait que les deux principaux émetteurs de gaz à effet de serre du monde n'aient pas ratifié ce traité : les États-Unis et la Chine. De la même manière, le Canada se retirera du protocole de Kyoto en 2011 (GIEC., 2007).

D. L'après protocole de Kyoto

Un des objectifs des COP ayant suivi la COP11 de Montréal a été de réfléchir à l'après Kyoto. En effet, les accords contraignants devaient se terminer en 2010. C'est notamment à Doha lors de la COP18 qu'une seconde période d'engagement du protocole de Kyoto a été décidé jusqu'en 2020.

Il faut comprendre que la grande peur des négociateurs est de ne pas réussir à trouver un nouvel accord contraignant qui puisse toucher tous les pays, notamment les plus émetteurs. La COP15 de Copenhague a été par exemple une grande déception tant les attentes étaient hautes. Finalement, les États-Unis et la Chine refuseront que leurs objectifs de réduction soient contraignants, mettant à mal une lutte unie contre le changement climatique. La COP15 de Copenhague a toutefois permis d'affirmer que les nations du monde souhaitaient endiguer le réchauffement climatique sous la barre des +2°C (GIEC., 2007).

E. Accord de Paris, COP21 : quelles avancées ?

Les attentes pour la COP21, qui s'est déroulée à Paris en 2015, ont été très fortes. En effet, cette conférence a permis de conclure à un accord historique permettant de remplacer le prolongement du protocole de Kyoto, et ce dès 2020.

La COP21 a été pour beaucoup un "moment historique" grâce à la signature de l'Accord de Paris. Celui-ci entérine que la communauté internationale fera tout son possible pour contenir le réchauffement climatique bien en-dessous de +2°C, voire le limiter à +1,5°C.

Pour atteindre cet objectif très ambitieux, tous les États se sont engagés à publier leurs propres objectifs de réductions des émissions de gaz à effet de serre (GES). Ils sont aujourd'hui accessibles sur le site des Nations unies (GIEC., 2007).

Si on additionne l'ensemble des contributions nationales, il apparaît que le réchauffement climatique devrait être de +3,5°C en 2100, ce qui reste encore loin de l'objectif fixé.

L'enjeu de l'après COP21 est donc d'engager pleinement les entreprises, collectivités et citoyens dans des actions de réduction. Par ailleurs, d'autres mécanismes seront discutés au cours des prochaines COP, comme la mise en place d'un prix du carbone ou d'un fonds vert pour le climat. Vous l'aurez donc compris, l'action, c'est maintenant, Le 5ème rapport du GIEC, paru en novembre 2014, affirme avec certitude que l'être humain est responsable du changement climatique. Le rapport "spécial" du GIEC sur les conséquences d'un réchauffement planétaire de 1.5°C, paru le 6 octobre 2018, est alarmant, et appelle à un changement radical. Mobiliser toute la planète est donc une étape nécessaire pour lutter contre le changement climatique.

Liste des conférences des parties depuis 1995 (GIEC., 2007).

Année	COP	Ville	Pays
1995	COP1	Berlin	Allemagne
1996	COP2	Genève	Suisse
1997	COP3	Kyoto	Japon
1998	COP4	Buenos Aires	Argentine
1999	COP5	Bonn	Allemagne
2000	COP6	La Hague	Pays-Bas
2001	COP6	Bonn	Allemagne
2001	COP7	Marrakech	Maroc
2002	COP8	New Delhi	Inde
2003	COP9	Milan	Italie
2004	COP10	Buenos Aires	Argentine
2005	COP11	Montréal	Canada
2006	COP12	Nairobi	Kenya
2007	COP13	Bali	Indonésie
2008	COP14	Poznań	Pologne
2009	COP15	Copenhague	Danemark
2010	COP16	Cancún	Mexique
2011	COP17	Durban	Afrique du Sud
2012	COP18	Doha	Qatar
2013	COP19	Varsovie	Pologne
2014	COP20	Lima	Pérou
2015	COP21	Paris	France
2016	COP22	Marrakech	Maroc
2017	COP23	Bonn	Allemagne

2018	COP24	Katowice	Pologne
2019	COP 25	Madrid	Espagne
2021	COP 26	Glasgow	Royaume-Uni,

A chaque sommet climatique, des solutions ont été proposées maintes fois pour lutter contre les changements climatiques mais rien n'a été fait à ce jour et la situation s'en pire d'une année à l'autre par ces solutions, nous citons les plus efficaces :

1) Modifions nos habitudes alimentaires

Pour limiter l'impact de notre alimentation sur le climat, privilégions autant que possible les fruits et légumes de saison. En effet, ils génèrent en moyenne 7 fois moins de GES que les produits cultivés sous des serres chauffées. De nombreux calendriers de fruits et légumes de saison sont disponibles pour nous guider dans nos achats.

2) Réduisons notre consommation de viande

Contrairement à une idée reçue, les protéines ne sont pas uniquement présentes dans les viandes ou les produits d'origine animale. On les retrouve, notamment, en quantité élevée dans certains végétaux tels que les légumes secs, les graines ou les fruits à coque. Soyons curieux et expérimentons une recette végétarienne au moins une fois par semaine (**GIEC., 2001**).

3) Luttons contre la déforestation

Certains labels garantissent une gestion durable des forêts. En achetant des produits (papier, meubles, etc.) portant le label Forest Stewardship Council (FSC) ou Programme Européen des Forêts Certifiées (PEFC), nous pouvons contribuer à la préservation des forêts et limiter ainsi les émissions anthropiques de GES (**GIEC., 2001**).

4) Préservons les océans

Pour lutter contre le changement climatique, nous devons préserver les océans. Pour cela, chacun de nous peut agir au quotidien. Par exemple, nous pouvons acheter des produits ménagers respectueux de l'environnement afin d'éviter de déverser des produits chimiques polluants dans les océans (**GIEC., 2001**).

5) Consommons de l'énergie propre

Pour réduire notre impact sur le climat au quotidien, nous pouvons faire le choix d'une énergie propre, issue de ressources renouvelables. De plus en plus de fournisseurs d'énergie encouragent leur développement : favorisons-les dès que possible pour réduire nos émissions de GES au quotidien (**GIEC., 2001**).

6) Réduisons nos consommations d'énergie

Une étiquette énergie classe les produits en fonction de leur consommation d'énergie. Ce classement est symbolisé par une lettre.

Les plus économes en énergie et donc les plus respectueux de la planète sont classés A+, A++ et même A+++ ! Par exemple, un appareil classé A++ consomme 45% d'énergie en moins qu'un appareil classé A.

7) Trions nos déchets

Le meilleur déchet reste celui que nous ne produisons pas ! Pour cela, de nombreuses solutions existent : s'interroger sur la nécessité de nos achats, privilégier les produits en vrac ou sans suremballage, préférer les éco-recharges, etc. 8) Passons à l'économie circulaire

Nous pouvons à notre échelle modifier nos modes de consommation pour lutter contre le réchauffement climatique. En s'appuyant sur le principe des 3 R : Réduire, Réutiliser et Recycler nous pouvons réduire considérablement nos quantités de déchets et éviter de produire inutilement de nouveaux objets. Mobilier, textiles ou électroménager, tous nos produits de consommation quotidiens peuvent être réparés ou trouver une nouvelle vie grâce au recyclage.

8) Utilisons des modes de transport doux

Privilégier les transports en commun, les véhicules électriques ou faire du covoiturage sont des solutions efficaces pour réduire nos émissions de gaz à effet de serre lorsque nous nous déplaçons. Les meilleures solutions restent évidemment le vélo et la marche à pied, à la fois écologiques, économiques et bonnes pour la santé. D'ailleurs, une enquête de l'ADEME révèle que la moitié des déplacements en voiture font moins de 3 km, une distance parfaitement calibrée pour le vélo et la marche (**GIEC., 2001**).

9) Compensons nos émissions carbone

Depuis 2006, le programme Action Carbone Solidaire de la Fondation GoodPlanet a pour mission de lutter contre le réchauffement climatique en développant des alternatives durables et économiquement viables aux activités polluantes, au profit des populations les plus défavorisées.

En soutenant ces projets de compensation carbone volontaire, nous pouvons tous contribuer à la lutte contre le changement climatique (**GoodPlanet ,2006**).

Conclusion

Les changements climatiques désignent les variations à long terme de la température et des modèles météorologiques. Il peut s'agir de variations naturelles, dues par exemple à celles du cycle solaire. Cependant, depuis les années 1800, les activités humaines constituent la cause principale des changements climatiques, essentiellement en raison de la combustion de combustibles fossiles comme le charbon, le pétrole et le gaz.

La combustion de combustibles fossiles génère des émissions de gaz à effet de serre qui agissent comme une couverture autour de la Terre,

Emprisonnant la chaleur du soleil et entraînant une hausse des températures. Les émissions de dioxyde de carbone et de méthane, notamment, sont à l'origine des changements climatiques. Elles résultent par exemple de l'utilisation de l'essence pour alimenter les véhicules ou du charbon pour chauffer un bâtiment. Le défrichage des terres et des forêts peut également entraîner la libération de dioxyde de carbone. Les décharges d'ordures constituent une source importante d'émissions de méthane. Les secteurs de l'énergie, de l'industrie, des transports, de la construction ainsi que de l'agriculture et d'autres utilisations des terres figurent parmi les principaux émetteurs.

Chapitre II

L'Algérie au débat du changement Climatique

Introduction

L'Algérie est un pays de L'Afrique du Nord, C'est le plus vaste des états africains après le Soudan s'incluant dans la région du Maghreb ; il se limite au Nord par la mer méditerranée, un littoral qui s'allonge d'Est en Ouest sur 1200km. Sa surface maritime est de 9 millions hectares. L'Algérie a six pays voisins ; à l'Est la Tunisie et la Libye. Sur le flanc Sud- Est le Niger et au Sud le Mali. Au Sud- Oust, la Mauritanie et le Sahara Occidentale. En fin, sur le côté occidental le Maroc. Les frontières terrestres totalisent 6343km. Sa superficie total est 2 381 741 km², soit près de 1/12 de la surface totale du continent africain (Lakhdar Z., 2007).

Dans le cadre des changements climatique, l'Algérie participe a l'effort mondiale de la surveillance de l'atmosphère. Elle abrite, depuis 1995, à Tamanrasset dans le sud du Sahara une des stations de référence du programme scientifique de la Veille de l'Atmosphère Globale (VAG). Ce programme est coordonné par l'OMM (Organisation Météorologique Mondiale). Cette station assure en continu la mesure de la concentration des gaz a effet de serre directs et indirects (Lakhdar Z., 2007).



Fig II.4. Situation géographique de l'Algérie.

Source : Atlas. Géographie universelle.

II.1. L'Algérie ; Fragilité des ressources naturelles, vulnérables aux menaces des changements climatiques

La sécheresse intense et persistante, observée en Algérie durant les 30 dernières années, qui a touché l'ensemble du territoire.

Elle a sévi particulièrement dans les régions Ouest du pays, et caractérisée par un déficit pluviométrique évalué à 30%.

A eu un impact négatif sur les régimes d'écoulement des cours d'eau, le niveau de remplissage des réservoirs de barrages, et l'alimentation des nappes souterraines, entraînant des conséquences graves sur l'ensemble des activités socio-économiques du pays.

En tenant compte de cette sécheresse, les estimations du potentiel hydrique sont revues à la baisse à 17 milliards de m³/an avec 10 milliards de m³ des ressources superficielles dans la région Nord, soit une diminution de 11% par rapport au potentiel en eau estimé initialement à 19,2 milliards de m³. D'où, la demande en eau et la sécheresse associées ont causé une diminution de la ressource en eau souterraine (**Lakhdar Z., 2007**).

La pénurie de ressources hydriques superficielles a entraîné, pendant les dernières années, une exploitation intensive des nappes souterraines surtout à usage agricole, ce qui a produit de fortes baisses des niveaux phréatiques.

La variabilité et les changements climatiques ont un effet sur les niveaux d'eau des aquifères. Elles sont touchées sur les plans suivants :

- Nature et processus d'alimentation
- Type d'interactions entre eaux souterraines et superficielles.
- Changement dans l'utilisation de l'eau (Irrigation par exemple) (**Lakhdar Z., 2007**).

L'Algérie connaît les mêmes changements climatiques enregistrés au niveau du bassin méditerranéen, faisant remarquer qu'il s'agit d'une région des « plus vulnérables » au regard de l'impact des changements météorologiques. Le pays est exposé, aux effets négatifs des changements climatiques et des émissions à effet de serre, notamment les inondations, la sécheresse et les températures élevées

Par ailleurs, l'Algérie est un pays à dominance semi-aride à aride où l'agriculture pluviale pérenne ne concerne qu'un territoire de 1,5 millions d'hectare, soit 18% de la surface agricole utile (SAU) et 3% de la surface agricole totale (SAT).

Cette contrainte climatique vient s'ajouter à la faiblesse du ratio du capital de production, la SAT disponible par habitant, qui passera de 1,5 ha/hab à 1,02 ha/hab à l'horizon 2025.

Ces deux paramètres révèlent toute l'urgence du risque que connaissent et connaîtront particulièrement les petites et moyennes exploitations agricoles. Ce risque concerne plus de 90% des exploitations agricoles. Ils sont, aussi, fondamentalement indicateurs de la vulnérabilité et la fragilité du système de production dans la perspective d'assurer une sécurité alimentaire relativement indépendante limitant de fait le recours à l'utilisation de la politique de l'eau virtuelle (**Lakhdar Z., 2007**).

Les études réalisées sur l'évolution des températures ont révélé que celles-ci sont en hausse depuis 1990, date du début du phénomène des émissions à effet de serre.

Elles ont augmenté de 6/10. Concernant la pluviométrie en Algérie, l'étude fait ressortir un recul de 12% pour la période 1990-2005 en comparaison avec 1961-1990, causant une sécheresse à grande échelle au moment même où d'autres régions enregistrent des inondations dont celles de Bab El Oued en 2001.

Les résultats d'études dans ce domaine, indiquent qu'en Algérie à l'horizon 2020 une tendance différenciée selon les régions bioclimatiques. Cependant, l'évolution générale reste marquée par une augmentation de la température de +1°C ainsi qu'une réduction de la pluviométrie de 5 à 10 % (**Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'environnement. 2001**).

II.2. Face aux changements climatiques : Comment s'adapter en Algérie.

Pour faire face à tous ces changements, il est nécessaire, à mettre au point un plan de définition des régions vulnérables, ainsi que l'installation d'un système d'alerte adéquat, développement de la recherche scientifique en la matière (**Samir A., 2009**).

Soutenir des projets pilotes pour la réduction de la vulnérabilité des régions urbaines en Algérie lors de catastrophes naturelles, la mise au point d'un système de réception de données à partir de satellites et le radar météorologique pour mesurer la pluviométrie. En vue d'améliorer les prévisions météorologiques et la gestion des risques d'origine climatique, Car les objectifs du plan 2009-2013 visent dans leur ensemble à développer le réseau de prévisions météorologiques en Algérie, d'où La création de 10 stations automatiques à Alger sont en cours de réalisation (**Samir A., 2009**).

II.2.1. Stratégie Nationale d'adaptation

II.2.1.1. Contexte politique et économique

La nouvelle politique de l'Algérie en matière de mobilisation, de transfert et de gestion des ressources en eau s'inspire de la politique d'aménagement du territoire, basée sur les principes suivants (**Samir A., 2009**) :

- Durabilité de la ressource
- Satisfaction en priorité des besoins en eau potable et industrielle.
- Sécurité alimentaire.
- Protection de la ressource en eau et de l'environnement.
- Création d'une dynamique de rééquilibrage du territoire et bonne gouvernance, c'est-à-dire le développement durable des Hauts Plateaux et du Sud. ; visé comme le principal objectif.

Le schéma national d'aménagement hydraulique établi à l'effet de répondre au développement socioéconomique du pays pour la période 2006-2025 se base sur (**Samir A., 2009**) :

- La réalisation de nouveaux barrages et de grands transferts.
- La réalisation d'unités de dessalement.
- La réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation.
- L'économie de l'eau dans tous les usages.
- La réhabilitation des réseaux ramenant ainsi le taux de pertes à moins de 20%.

Le développement des réseaux publics d'irrigation, Ceci permettra à travers les programmes qui seront engagés :

-D'améliorer le raccordement aux réseaux publics d'eau potable et aux réseaux publics d'assainissement.

-D'accroître les volumes des eaux conventionnelles mobilisées annuellement de 8,5 milliards de m³ en 2009 à 11 milliards de m³ en 2025 et ceux du dessalement d'eau de mer de 825 millions de m³ annuellement en 2009 à 900 millions de m³ en 2025.

-D'accroître le volume des eaux usées épurées annuellement de 600 millions de m³ en 2009 à 900 millions m³ en 2025 et ce, à travers la réalisation de 60 nouvelles stations d'épuration des eaux usées (**Samir A., 2009**).

-D'accroître les superficies irriguées à 1,2 million d'hectare.

Ces programmes de mobilisation et de réhabilitation des réseaux vont ainsi permettre à court terme la satisfaction, en année « pluviométrique moyenne », de tous les besoins d'alimentation en eau avec une amélioration substantielle du service public de l'eau et de l'assainissement. En année « pluviométrique sèche », les besoins de l'alimentation en eau potable et industrielle seront entièrement couverts tandis que les besoins pour l'irrigation connaîtront un déficit variant de 50 à 70% selon les régions. Ce déficit sera atténué par des programmes d'économie d'eau adossés à la mise en place de cultures moins consommatrices d'eau (**Samir A., 2009**).

En termes d'adaptation aux changements climatiques, la politique agricole algérienne a été orientée, depuis près de dix ans, vers la mise en œuvre d'un programme ayant pour objectif fondamental la gestion rationnelle des ressources naturelles et l'adaptation des systèmes de productions afin d'atténuer les impacts attendus du changement climatique sur les exploitations agricoles. Cette politique s'est traduite par une mise à niveau des exploitations agricoles, soit près de 260 000 exploitations, à travers une adaptation du système de production. Cette action a nécessité à la fois une orientation préférentielle d'utilisation du capital sol et une rationalisation de l'utilisation de l'eau d'irrigation, essentiellement là

PMH Par ailleurs, l'Algérie dans sa Communication Nationale Initiale prévoit la mise en place d'un programme d'action en vue de s'adapter au changement climatique.

En matière d'eau, ce programme intégrera la conservation du sol, la protection, la conservation et l'extension forestière et l'aménagement des bassins versants et devra mener de front deux types d'actions : **(Sirte., 2008)** la gestion optimale et l'économie des ressources en eau.

Du point de vue agricole, le plan d'action de l'agriculture repose sur un programme de reconversion qui concerne les zones arides et semi-arides, réservées actuellement aux céréales ou laissées en jachère et qui sont menacées de dégradation irréversible. La reconversion se fera au profit de l'arboriculture, de la viticulture, de l'élevage et autres activités adaptées en concentrant la production des céréales dans les zones reconnues favorables **(Sirte., 2008)**.

Conclusion

Le changement climatique constitue une préoccupation majeure pour tous les pays, d'une manière directe ou indirecte. Seule une vision globale mondiale est à même de faire face à ce nouveau fléau. Les pays du Sud comme le Maghreb sont touchés de plein fouet. Chaque pays se doit de mettre en place une stratégie de réponse. Cependant, la responsabilité des pays du Nord reste entière. Ils doivent apporter leur soutien scientifique, technique et financier dans le cadre d'une coopération internationale s'inscrivant dans le cadre d'un développement durable **(ONU. 2002)**.

Il S'agit ainsi d'une préoccupation national prises en charge par le programme du gouvernement, en train de se mettre en œuvre, actuellement, de façon coordonnée et un niveau intersectoriel, à travers la création de l'agence des changements climatique, une autorité de régulation et des institutions de coordination qui permettent aujourd'hui, de réduire l'impact des changements climatiques sur les différents secteurs d'activité **(ONU. 2002)**.

L'Algérie a fait des efforts considérables pour résister aux changements climatiques.

Ces mêmes efforts se déclinent par des actions prises par les secteurs de l'énergie et des ressources en eau. Aussi, Elle s'est préparée pour réduire les conséquences du réchauffement planétaire sur les secteurs économiques.

Donc il faut que toutes les parties concernées et les institutions nationales spécialisées dans le domaine de l'environnement et des changements climatiques doivent coordonner leurs efforts pour lutter contre ce phénomène qui menace l'Algérie, pays caractérisé par son climat semi-aride **(ONU. 2002)**.

Les principaux efforts fournis par le secteur de l'énergie sont : la réduction des émissions de gaz nocifs au climat, dont le dioxyde de carbone.

D'où les différents programmes de lutte contre la pollution et le réchauffement climatique ; traces le recours de l'utilisation à 41% du gaz naturel en Algérie pour réduire l'émission des gaz nocifs au climat. Cela contribuera à protéger l'environnement et réduire l'émission de ces gaz, soulignant l'importance de l'utilisation des énergies renouvelables, notamment, les énergies solaires et éoliennes dans les régions steppiques, les Hauts-Plateaux et le Sahara(ONU.2002).

Partie Pratique

Matériels et Méthodes

CHAPITRE III

Présentation de la région d'étude

III. Wilaya de Mostaganem

III.1 Repères géographiques et économiques

La population de la wilaya de Mostaganem en 2010 est estimée à 760 000 hab dont 454 000 en aggloméré. La densité est de 335 hab/km². En 2030 la population serait de : 1 021 000 habitants Avec 150 km de frange maritime, la wilaya occupe une position stratégique dans la partie nord-ouest du pays du fait de l'importance commerciale de son port et de ses voies de communications Le potentiel en terre agricole irrigable est à l'ouest de la wilaya alors que les ressources en eau sont disponibles à l'est de la wilaya. L'agriculture dominante de plaine consiste en maraîchage de plein-champ, de céréaliculture et de plantation arboricole en irriguées. L'élevage bovin intensif se pratique également dans la même zone (ouest).

Les infrastructures industrielles sont relativement importantes autour du port de Mostaganem, dominée par la raffinerie de sucre et l'usine de traitement de cellulose et textile. La zone montagneuse représentant environ 11 % de la population totale de la wilaya (Benaïcha,2010).

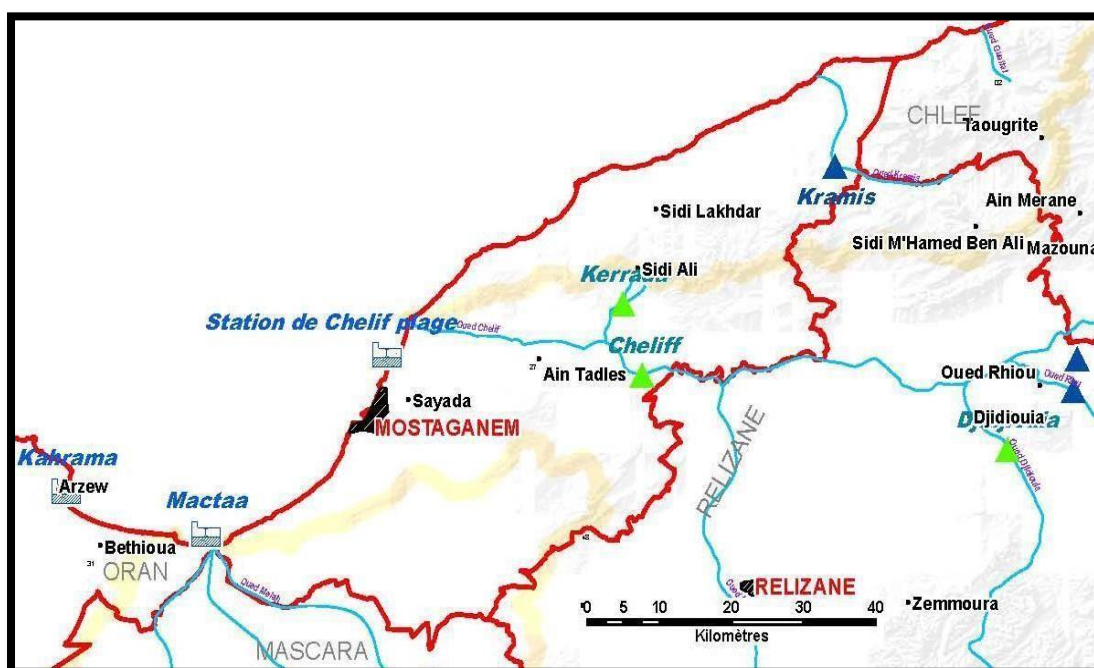


Fig III.5 : Repères géographiques et économiques, Source : (Wikképidea,2009).

III.2. Hydraulique : caractéristiques majeures

III.2.1. Situation actuelle

La demande en AEP est de 40 Hm³. Deux GPI sont programmés pour le futur : Bordjias (5 600 ha) et Kramis Acchaacha (4 300 ha). La PMH représente une demande en eau de 111 Hm³.

Les ressources consistent en eux souterraines (52 Hm³) et des ESC représentant 8 Hm³. Les ressources souterraines sont donc en situation de sur exploitation. La wilaya est traversée par le couloir BG Gargar – Oran dont Mostaganem tire près de 10 Hm³ par an (Benaïcha,2010).

La wilaya de Mostaganem est le siège de deux grands chantiers d'impact très important : le transfert du MAO (Mostaganem, Arzew Oran, conduite de D2000 issue du BG Kerrada-Chellif) et la SDEM de Chellif plage (200 000 m³/j) qui doit être livrée courant 2011 (**Benaïcha,2010**).

1. Présentation de la wilaya de Mostaganem

Mostaganem est une ville de 717 054 habitants, située à 104 mètres d'altitude sur le rebord d'un plateau côtier. La ville contemple à l'ouest la large baie d'Arzew que termine le djebel Orousse ; elle est considérée comme la capitale de la Dahra (**Benfetta ,2015**).

La ville est assise sur les rives de l'Aïn Sefra dont, à plusieurs reprises et notamment en 1927, elle a eu à redouter les crues. Elle se compose d'une ville neuve, très étendue, et d'une vieille ville, plus compacte, accrochées de part et d'autre d'un profond ravin creusé par l'Aïn Sefra, qui arrose des jardins. La localité est située au débouché des plaines du Chélif et de la Macta Elle est située au Nord-Ouest du pays et couvre une superficie de 2 269 Km². Elle est limitée :

- A l'Est par les Wilayas de Chlef et Relizane
- Au Sud par les Wilayas de Mascara et Relizane
- A l'Ouest par les Wilayas d'Oran et Mascara
- Au Nord par la Mer Méditerranée.

Le climat de Mostaganem se caractérise par un climat semi-aride à hiver tempéré et une pluviométrie moyenne annuelle qui varie entre 400 à 500 mm sur le plateau et 500 à 700 mm sur les piémonts du Dahra, dans les conditions de pluviométrie actuelle.

Le relief de la Wilaya de Mostaganem s'individualise en deux (02) régions distinctes : le Plateau et le Dahra (**Benfetta ,2015**).

Le découpage administratif de la wilaya compte 10 daïras et 32 communes. 15 communes sont rattachées à l'Agence du Bassin Hydrographique (ABH) Oranie – Chott Chergui et 17 communes à l'ABH Chélif – Zahrez.

Pour les besoins de l'inventaire, nous avons découpé le territoire de la wilaya en 4 régions agricoles.

2. Le découpage le territoire de la wilaya

2.1 Le plateau de Mostaganem

Cette région agricole avec 46% de la superficie du territoire de la wilaya regroupe 18 communes et représente plus de la moitié de l'agriculture de la wilaya (**Bouhaloufa S,2015**).

2.2 La plaine de l'habra

Appelée également plaine des Bordjias. Cette région regroupe 3 communes et elle occupe 9% du territoire de la wilaya avec 10% des terres agricoles(**Bouhaloufa S,2015**).

2.3 Les Monts du Dahra

Zone montagneuse, cette région agricole avec 23% d'occupation du territoire de la wilaya regroupe 5 communes. La SAU totale est de 20% (**Bouhaloufa S,2015**).

2.4 Les piémonts du Dahra

Cette région regroupe 6 communes et occupe 22% du territoire de la wilaya avec 18% de la SAU. Avec 81,50% des terres irriguées, la PMH est concentrée dans le plateau de Mostaganem (**Benaicha,2010**).

3. Etude climatique

Le climat caractéristique l'état de l'atmosphère en un lieu donne. Le climat de la wilaya de Mostaganem est celui d'une région méditerranéenne. Il est caractérisé par une saison estivale chaude et sèche et une saison hivernale froide et humide (**Boualem R., 2005**).

Pour les paramètres climatiques notre étude concernera la température l'humidité relative l'évapotranspiration les vents l'insolation et surtout la pluviométrie.

A l'exception de l'humidité relative (ou nous possédons des données de 24 ans : 1985_2008) et nous avons des données de 28 ans (1980-2008).

Comme données climatique nous prenons celles de la station de Mostaganem étant la plus proche (**Boualem R., 2005**).

Tableau III.1 : les caractéristiques de la station de référence.

Station	Altitude	latitude	longitude	Période de service
Mostaganem	137 m	35 ⁰ 53 N	00 ⁰ .07E	1980-2008

Source : ONM Mostaganem.

III.3.1. Les températures

Dans une région donnée la température représente l'élément le plus influant de l'hydro climatologie (**CEDEAO., 2008**).

C'est surtout les températures extrêmes (minimale et maximale) qui ont une influence importante sur les plantes (**Boualem R., 2005**).

La distribution spatiale de la température de l'air dans une région est principalement conditionnée par des facteurs physiographiques, notamment le relief (altitude et exposition) la nature du sol et de son revêtement, la proximité des grandes superficies d'eau, et par le régime du vent (**CEDEAO., 2008**).

III.3.1.1 Variation de la température moyenne annuelle

Le tableau présente les températures moyennes annuelles (C°) : station de Mostaganem période (1989-2008)

Tableau III.2 : température moyennes annuelles (c°) station de Mostaganem période (1989-2008).

années	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
T moy	18,6	19,8	19,4	19	17,13	19,25	18,8	18,5	17,65	19,34	18,45	18	18,8	17,55	19,8	19,35	17,6	19,65	18,7	19,25

Source : ONM Mostaganem.

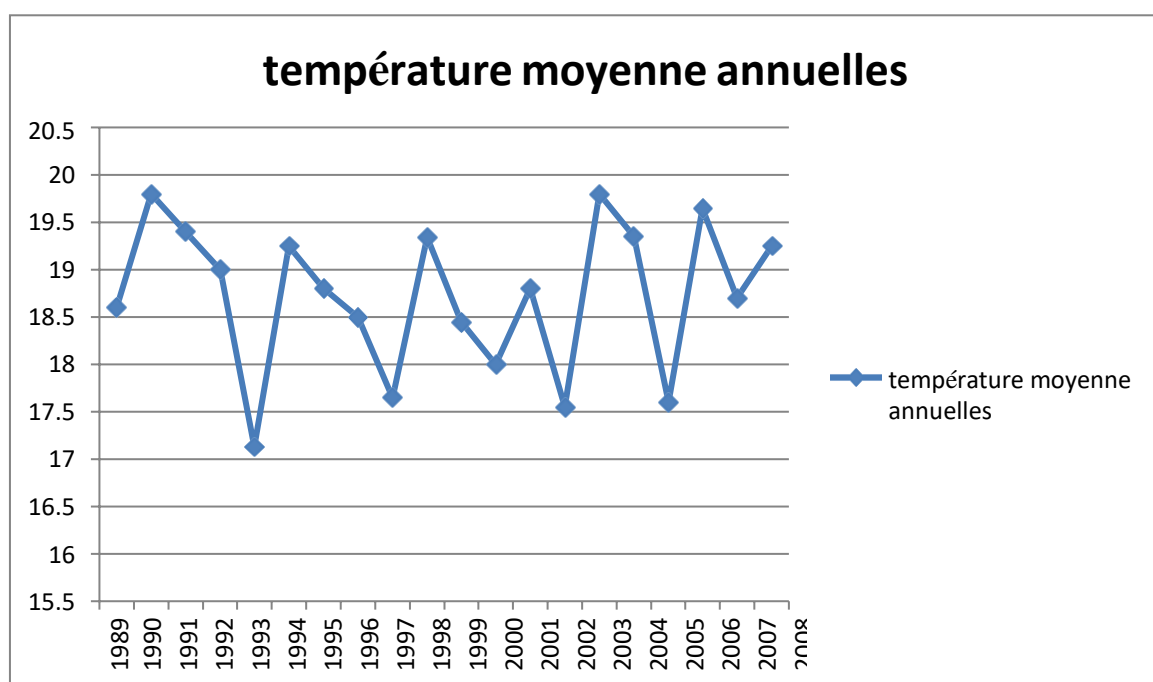


Fig III.6 : Variation de la température moyenne annuelle (C°) au cours du temps : station de Mostaganem période (1989-2008).

Source : ONM Mostaganem.

La figure donne l'évaluation de la température de la station de Mostaganem entre 1989 et 2008 cette figure, basée sur les données quotidiennes (**MRE ,1989-2008**).

Depuis 1995, température a enregistré une élévation distincte et ressentie, et ne cesse de s'accroître ; cette augmentation est de plus de 0,5 C°.

III.3.1.2. Evolution de la température moyenne mensuelle

Dans le tableau suivant on indique les valeurs moyennes mensuelles et annuelles des températures, les moyennes des maximales les moyennes des minimales (**CEDEAO., 2008**).

- M : les moyennes des températures maximales (C°)
- m : les moyennes des températures minimales (C°)

• $(M+m) / 2$: températures moyennes (T_{moy}) ($^{\circ}\text{C}$)

Tableau III.3: les températures moyennes mensuelle ($^{\circ}\text{C}$) : station de Mostaganem période (1989-2008).

	Jan	fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	juilt	Aout	Sept	oct.	Nov.	Déc.
$M^{\circ}\text{C}$	15,8 6	16,7 5	18,8 8	20,6 0	23,3 8	27,5 6	30,8 7	31,56	28,7 1	24,4 3	19,9 6	16,5 8
$m^{\circ}\text{c}$	5,56	6,12	7,33	9,18	12,5 4	16,2 7	18,7 7	19,77	17,4 7	13,8 1	10,1 0	7,23
$\frac{M+m}{2}$	10,7 1	11,4 4	13,1 0	14,8 9	17,9 6	21,9 1	24,8 2	25,67	23,1 0	19,1 2	15,0 3	11,9 0

Source : ONM Mostaganem.

Ainsi, d'après le tableau le mois le plus chaud est aout (avec $M=31,56^{\circ}\text{C}$).

Le mois le plus froid est janvier dans lequel on enregistre une température moyenne minimale $m=5,56^{\circ}\text{C}$ (MRE ,1989-2008).

La température moyennes estivale atteignent 24°C tan disque la température moyenne d'hiver se situent autour de 13°C .

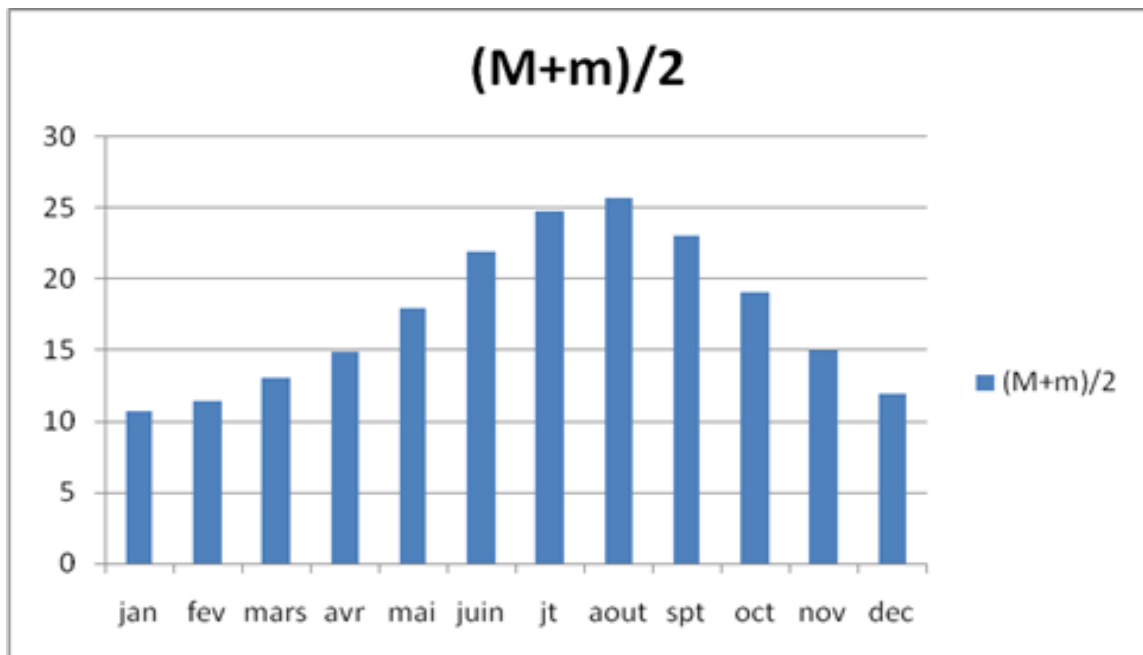


Fig III.7 : variation des températures min, max, moy ($^{\circ}\text{C}$) : station de Mostaganem

Période (1989-2008)

Source : ONM Mostaganem.

Le trace des courbes des variations des températures montrée deux pôles extrêmes : un pôle froid correspondant aux mois : décembre, janvier et février et un pôle chaud correspondant aux mois : juillet et aout (CEDEAO., 2008).

Ces courbes des température moyennes mensuelles montrent une croissance régulière des températures de janvier à aout suivie d'une décroissance jusqu'à décembre, Le minimum et le maximum absolus se situent respectivement aux mois de janvier et aout, La température moyenne annuelle est de : 18 °C (MRE ,1989-2008).

III.3.2. Les précipitations

La précipitation d'une région est l'ensemble des eaux qui tombe sur la surface soit sous forme liquide (pluie) ou solide (grêle, neige) elle augmente avec l'altitude ce qui fait de cet élément le plus variable du climat aussi bien dans le temps que dans l'espace (Boualem R., 2005).

La wilaya de Mostaganem a une pluviosité variant de 250 à 400 mm d'eau par an celle-ci pouvant atteindre 400a 500mm par an sur le plateau de

Mostaganem et 500 à 700 mm par an sur le piémont de Dahra (MRE ,1989-2008).

Généralement la plus grande chute de pluies est enregistrée pendant la saison hivernale correspondant aux mois de novembre à février le contraire est constaté au cours de la saison estivale, période pendant laquelle les pluies sont très réduites (Boualem R., 2005).

La pluviométrie étant variable dans le temps il est nécessaire de travailler sur des séries assez longues afin d'effectuer des études fréquentielles sérieuse dans notre cas avons pris la moyenne des précipitations sur 29 ans (1980-2008) (MRE ,1989-2008).

III.3.2.1. Pluviométrie

Sur la Wilaya concernée, dans les conditions climatiques actuelles, le cumul pluviométrique annuel moyen, varie entre 234 mm, à Fornaka, au sud, et 380mm, à Abdelmalek Ramdane, sur la côte. Le détail des valeurs adoptées par commune figure en tableau suivant (Benaicha,2010) :

Tableau III.4 : les détails des valeurs adoptées par commune (MRE ,1989-2008).

Code Communal	Nom commune	Hauteur d'eau annuelle en MM			
		Pluie	Ruiselé	Infiltré	Evaporé
2701	MOSTAGANEM	330	22	56	253
2702	SAYADA	321	19	57	244
2703	FORNAKA	234	08	58	168
2704	STIDIA	275	10	41	225
2705	AIN NOUISSY	253	9	60	185
2706	HASSI MAAMECHE	310	17	62	231
2707	AIN TEDELES	338	24	53	261
2708	SOUR	345	26	58	262
2709	OUED ELKHEIR	332	22	51	259
2710	SIDI BELATAR	348	27	27	295
2711	KHEIR EDDINE	335	23	61	251
2712	SIDI ALI	348	27	26	295
2713	ABDELMALEK RAMDANE	380	36	28	316
2714	HADJADJ	375	34	31	310
2715	NEKMARIA	344	25	23	295
2716	SIDI LAKHDAR	330	22	26	282
2717	ACHAACHA	356	29	31	296
2718	KHADRA	339	24	31	284
2719	BOUGUIRAT	296	14	70	212
2720	SIRAT	288	12	81	195
2721	AIN SIDI CHERIF	283	11	76	196
2722	MESRA	303	15	59	229
2723	MANSOURAH	313	18	55	240
2724	SOUAFLIA	329	22	58	250

2725	OULED BOUGHALEM	364	31	47	285
2726	OULED MAALAH	294	13	26	255
2727	MAZAGRAN	321	19	61	240
2728	AIN BOUDINAR	339	24	47	268
2729	TAZGAIT	335	23	22	290
2730	SAF - SAF	331	22	43	265
2731	TOUAHRIA	285	11	49	225
2732	EL - HASSIANE	262	09	70	184
Moyen		320	20,25	48,25	251

Source : Eude d'inventaire et de développement de la PMH (SOGREAH – Février 2009).

III.3.2.2. Les régimes pluviométriques

III.3.2.2.1. Régime annuel

Le tableau est obtenu en faisant la somme de la précipitation des 29 années qui ont servi à l'étude (Ahmed K., 2000).

La pluie moyenne (durant une période de vingt-neuf (29) années) de la station de Mostaganem est voisine de 405,38 mm/an (ANRH. ; 1998).

La somme des précipitations au cours des 29 années nous montre combien les précipitations sont irrégulières d'une année à l'autre.

La tendance temporelle de la précipitation annuelle, nous a permis de discerner que les précipitations se sont légèrement accrues jusqu'à l'année 1988, bien qu'on distingue que certaines périodes sont sèches. Depuis 1989 les précipitations ont chuté jusqu'à 1995 et voisinent la valeur moyenne sur la période de 1992-1993 (ANRH. ; 1998).

L'ascension des précipitations depuis 1995 peut être interpréter comme étant indices des perturbations climatiques qui s'est traduite sous cet aspect ; elle est considérée comme sauf exceptionnelle (Ahmed K., 2000).

Alors qu'on enregistre plus de 800mm/an en 1987 la pluviométrie atteint à peine 200 mm en 1994 dans cette situation on ne peut pas identifier un intervalle d'années où la pluviométrie est faible ou élevée (Ahmed K., 2000).

D'apprêt pluviométrie inférieure à la moyenne (395,6). Les données pluviométriques sont données dans le tableau de l'annexe.

D'apprêt l'ANRH dans la carte pluviométrique de l'Algérie du nord la pluviométrie moyenne annuelle est estimée comme suit (ANRH. ; 1998) :

- 396,2 mm à Mostaganem
- 348,8 mm à Oureah
- 406,4 mm à mazagran

Tableau III.5 : régime annuelle des précipitations (mm) station de Mostaganem période (1980-2008).

Années	P (mm)
1980	243
1981	297,5
1982	405
1983	238
1984	507
1985	354
1986	433
1987	843
1988	550,5
1989	237,2
1990	347,7
1991	398,4
1992	284,2
1993	324,2
1994	219,8
1995	353,7
1996	487,6
1997	423,3
1998	298,5
1999	428
2000	420,1
2001	548,1
2002	310,4
2003	442,9
2004	492,7
2005	329,2
2006	608,4
2007	455,8
2008	473,9
MOYENNE	405,38

Source : Eude d'inventaire et de développement de la PMH (SOGREAH – Février 2009).

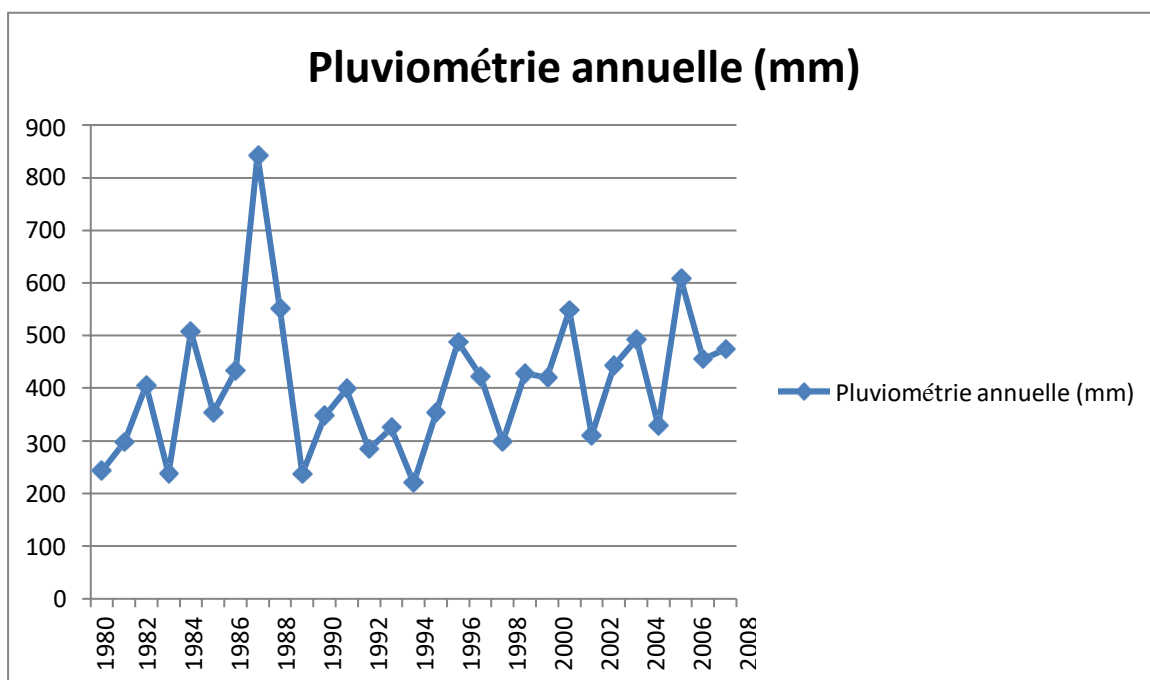


Fig. III.8 : précipitations moyennes annuelles (mm) : station de Mostaganem période (1980-2008).

Source : ONM Mostaganem.

III.3.2.2.2. Régime mensuel

Tableau III.6 : précipitations moyenne mensuelles (station de Mostaganem 1980-2008)

mois	jan	fév.	mars	avril	mai	juin	juillet	août	sept	oct.	nov.	déc.	année
P (mm)	57,21	47,83	36,91	41,31	26,71	6,20	1,73	3,21	22,48	38,84	69,61	53,33	405,38

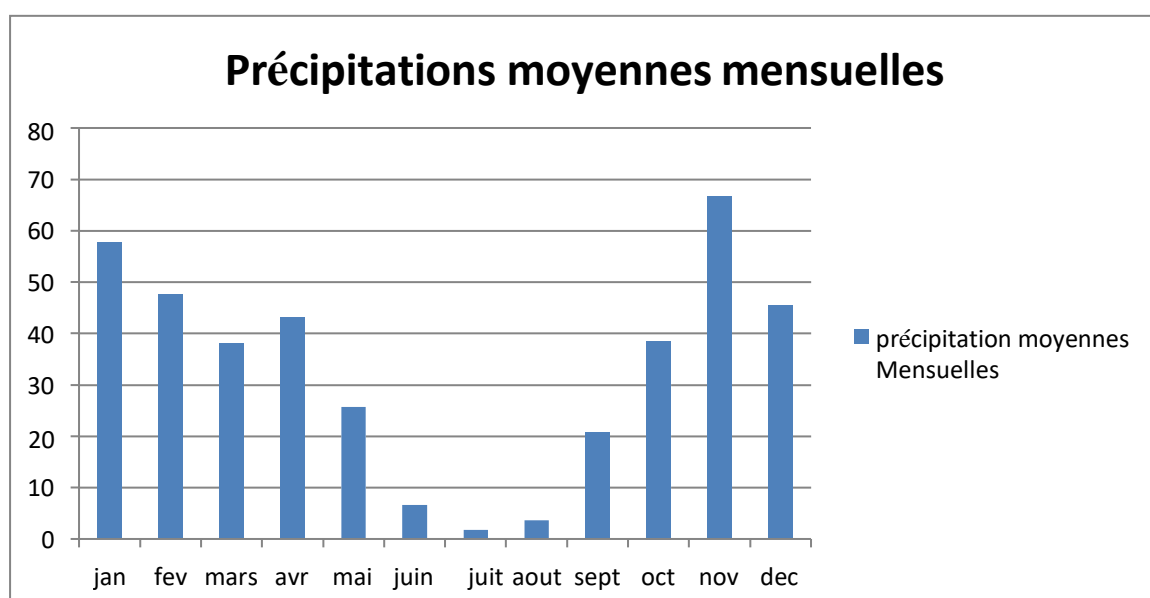


Fig.III.9 : évaluation des précipitations moyennes mensuelles

Source : ONM Mostaganem.

On constate d'après le tableau une irrégularité des précipitations moyenne mensuelle qui sont fortes et concentrées pendant la saison hivernale (novembre à février) et très réduites pendant les mois de juin, juillet et août (été) (Boualem R., 2005).

Il ressort donc que les mois les plus pluvieux sont : novembre (69,61mm) janvier (57,21mm) décembre (53,33mm) février (47,83mm) (ordre décroissant) le minimum est atteint en juillet (saison estival) (ANRH. ; 1998).

Les maximas sont enregistrés du début novembre à fin février et représente à peu près 56% de la pluviométrie annuelle (ANRH. ; 1998).

Pour une meilleure compréhension et visualisation de la répartition des précipitations moyennes mensuelles, il serait plus intéressant de les représentées graphiquement.

A partir de l'histogramme des précipitations moyennes mensuelles établi pour notre station d'étude nous avons pu déduire les conclusions suivantes :

Le maximum des précipitations s'observe au mois de novembre (69,61mm) le minimum s'observe au mois de juillet (1,73mm) on conclut que le mois humide correspond au mois de novembre alors que le mois sec correspond au mois de juillet (Boualem R., 2005).

III.3.2.2.3. Régime saisonnier

Le régime saisonnier nous renseigne sur la hauteur des pluies durant chaque saison. Il consiste à regrouper les mois de l'année qui se ressemblent le plus, du point de vue précipitations et températures (GIEC., 2007).

En fonction des quatre saisons de l'année les précipitations sont données dans le tableau ci-après.

Tableau III.7 : précipitations moyenne saisonnières station de Mostaganem

Saisons	Humide	Sèche
Mois	Oct.nov.dec.jan.fev.mars.avr.mai	Juin.juillet.aout.sept
P (mm)	362,93	32,68

Source : ONM Mostaganem (1985-2008)

Le tableau est obtenu en regroupant les mois de l'année par trois (3) pour avoir quatre (4) saison après on procède à un arrangement des saisons par ordre croissant de pluviométrie. Ceci permet d'obtenir deux (2) saison distinctes (GIEC., 2007) :

- ✓ Saison hivernale (humide) qui est la plus longue et la plus arrosée (octobre – mai).
- ✓ Saison estivale qui s'étale de juin à septembre et qui la plus sèche.

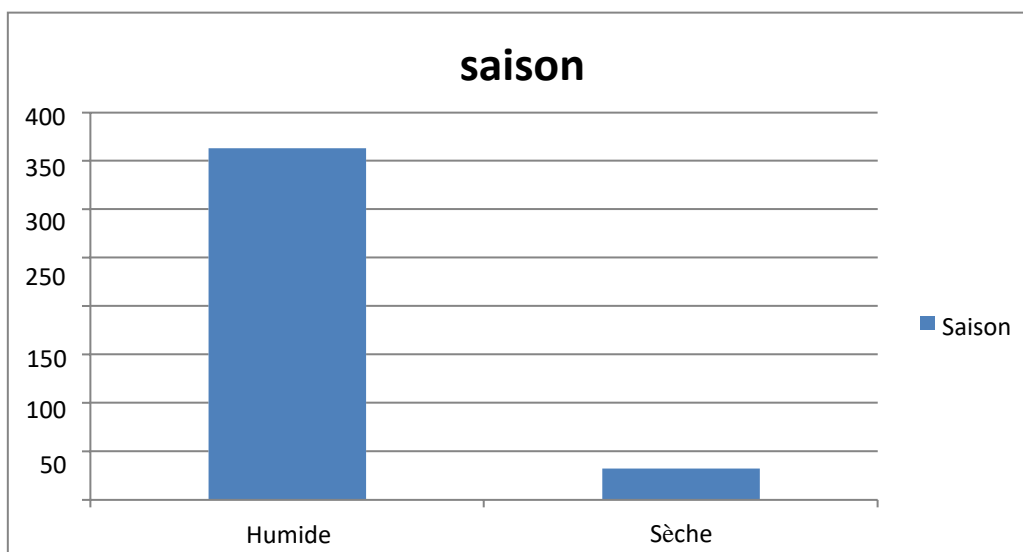


Figure III.10 : évaluation des précipitations moyenne saisonnières.

Source : ONM Mostaganem

La sécheresse qui a sévit en Algérie durant ces vingt dernières années a été ressenti davantage dans la région ouest du pays (Kisito N., 2008). Ces phénomènes qui a provoqué une chute significative des précipitations ce qui se traduit par une baisse relative des apports en eau, a été particulièrement sensible au niveau des aquifères de la région de Mostaganem.

Tableau III.8 : régime saisonnier des précipitations (mm) station Mostaganem période (1980-2008).

saison	Automne	hivers	printemps	été	Année
Mois	Sept, Oct., Nov.	Déc., jan, Fév.	Mars, Avr, Mai	Juin, juit, Aout	-----
P(mm)	130,93	158,38	104,93	11,14	405,38
%	32,3	39,07	25,88	2,75	100

Source : ONM Mostaganem

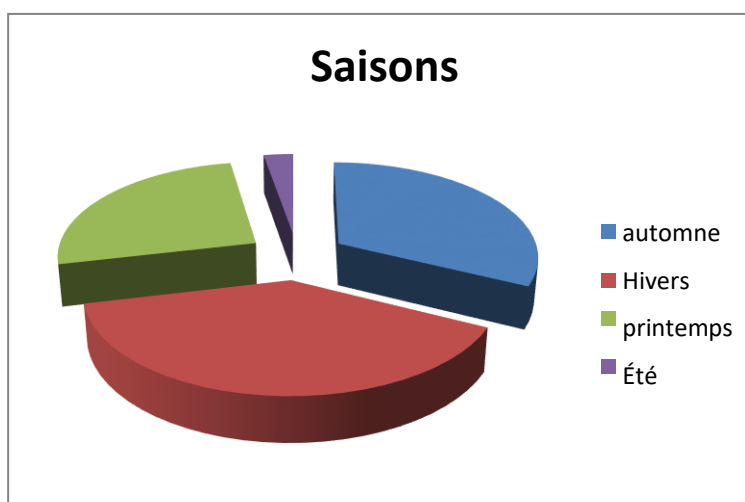


Figure III.11 : précipitations moyenne saisonnières (mm) : station de Mostaganem Période (1980-2008).

Source : ONM Mostaganem

Le tableau ci-dessus est obtenu en regroupant les mois de l'année par trois pour avoir quatre saisons, il ressort que la saison la plus pluvieuse est l'hivers (Kisito N., 2008)., qui représente 39,07% des précipitations annuelles, succédée par l'automne (32,3%), le printemps reçoit 104,93mm, et enfin l'été est la saison la plus sèche d'où les précipitations atteignent 11,14mm donc la station de Mostaganem présente un régime de type H.A.P.E (Kisito N., 2008).

III.3.3. L'humidité relative

L'air atmosphérique est un mélange d'air sec et de vapeur d'eau, représente par des proportions variables, cette variabilité dans l'espace et dans le temps est due principalement à la température (Mahi Tabet A., 2008). La vapeur d'eau alimente les précipitations et absorbe en outre les radiations de grande longueur d'onde émises par la terre l'empêche de se refroidir la nuit en lui renvoyant la chaleur par rayonnement, la connaissance à tout instant de l'humidité est très importante, elle est à l'origine de toutes les précipitations et elle les alimente par la suite, de plus elle régit l'évaporation de l'eau sur la végétation, le sol ou les nappes d'eau. L'humidité relative est représentée par rapport de la pression partielle de la vapeur d'eau l'air et la pression de vapeur saturante à la même température (Mahi Tabet A., 2008).

III.3.3.1. Variation de l'humidité relative moyenne annuelle

La figure présente l'évolution de l'humidité relative moyenne annuelle au cours de la période 1989-2008 d'après laquelle nous constatons que l'humidité relative moyenne annuelle a augmentée de plus de 2,5% environ Les valeurs sont données dans le tableau suivant (**MRE, 1989-2008**):

Tableau III.9 : Humidité relatives moyennes annuelles (%) : station de Mostaganem ; période (1989-2008)

années	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Hr (%)	71,42	73	73,25	74,83	76,08	73,5	72,17	74,33	75,08	73	72,92	72,08	71,67	74,17	74,42	73,75	73,75	73,33	75,17	74,17

Source : ONM Mostaganem

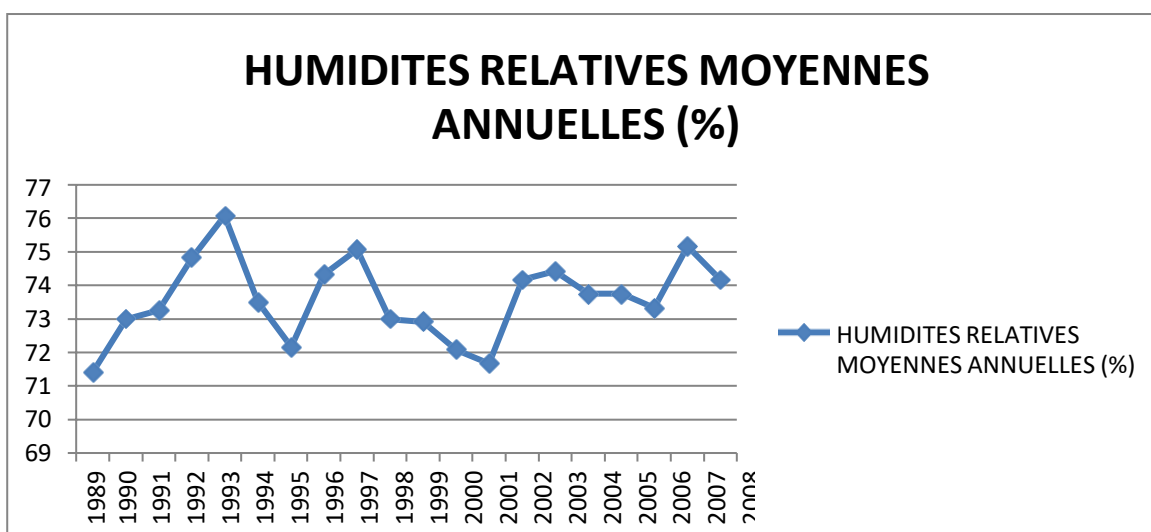


Fig.III.12 : variation de l'humidité relatives moyenne annuelle (%) au cours du temps : Station de Mostaganem ; période (1989-2008).

III.3.3.2. L'humidité relative moyenne mensuelle

Les valeurs de l'humidité relative (%) sont données dans le tableau suivant :

Tableau III.10 : Humidité relatives moyennes mensuelles (%) : station de Mostaganem ; Période (1989-2008)

Mois	janvier	février	mars	avril	mai	juin	Juillet	août	Septembr	octobre	novembre	décembre
Hr (%)	77,75	76,8	75,45	71,9	71,55	69,4	68,5	68,35	72,4	75,5	77,6	78,05

SOURCE : ONM Mostaganem.

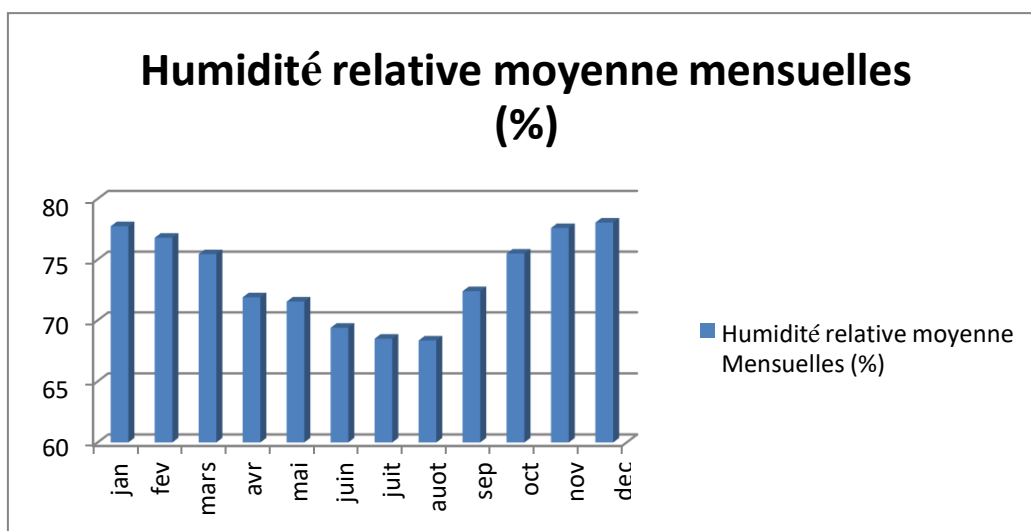


Fig. III.13: Humidité relative moyenne mensuelles (%) : station de Mostaganem ; Période (1989-2008)

L'humidité est élevée pendant la saison hivernale, par contre elle diminue en été du fait que les températures sont plus fortes. Le degré hygrométrique au niveau de la région est relativement fort (74% en moyenne). Cela est dû à la proximité de la région avec la mer, ce qui modère un peu le climat de région (Lorène C et al.,2005).

Tableau III.11 : l'humidité relative moyenne de Mostaganem (1989-2008)

	Jan	fév.	mars	Avr	Mai	juin	juilt	août	Sept	oct	nov	Déc	moy
Hr max	92,83	93,26	92,56	90,2	90,1	89,1	88,2	90,1	89,1	93,3	93,6	92,5	91,24
Hr min	56,4	47,5	46,3	43,8	42,9	34,4	38,4	37	37,8	49,6	52,6	53,2	45
Hr moy	74,62	70,38	69,43	67	66,5	63,75	61,3	63,55	63,45	71,45	73,1	72,85	68,12

SOURCE : ONM Mostaganem

L'humidité est plus élevée pendant la saison hivernale elle est faible en été du fait que les températures sont plus fortes (Lorène C et al.,2005).

Le degré hygrométrique au niveau de la région est relativement fort (68,12% en moyenne). Cela est dû à la proximité de la région avec la mer ce qui modère un peu le climat de la région.

3.4. Les vents

Le vent est un élément du climat caractérise par une vitesse et une direction donnée étroitement liée aux reliefs. C'est l'un des éléments les plus caractéristiques du climat fortes (**Lorène C et al.,2005**).

3.4.1. La variation annuelle de la force des vents

Les valeurs des vitesses moyennes annuelles des vents sont données dans le tableau suivant :

Tableau III.12 : Vitesses moyennes annuelles des vents (m/s) : station de Mostaganem ; période (1989-2008)

Années	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
V (m/s)	2,21	1,93	2,33	1,87	2,68	2,88	2,14	1,85	1,64	1,46	2,92	2,2	2,1	2,13	1,73	1,92	2,05	2,02	2,11	2,18

SOURCE : ONM Mostaganem

La figure montre la variation moyenne annuelle de la force des vents (m/s), pour la Station de Mostaganem (période : 1989-2008) pendant laquelle on enregistre une divergence négligeable (**Lorène C et al.,2005**).

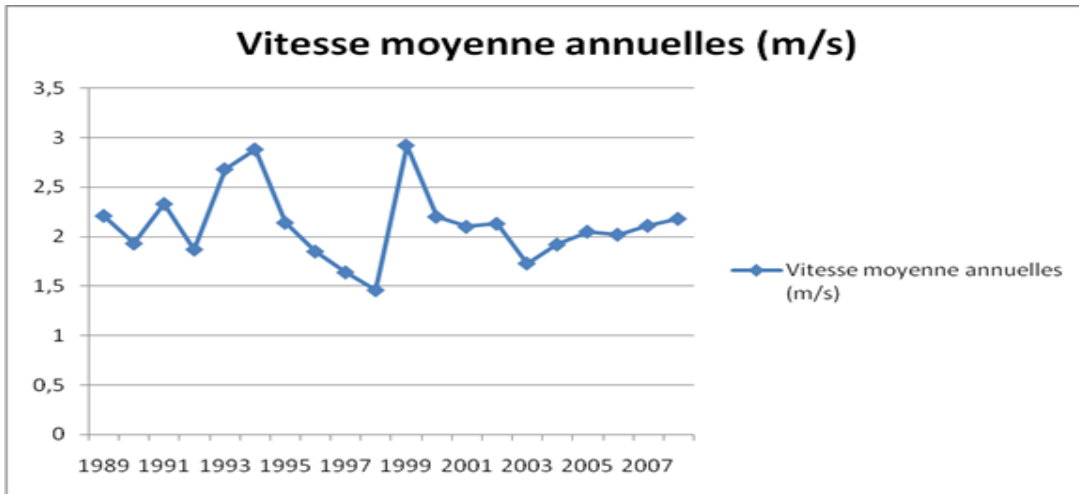


Fig.III.14 : Variation moyenne annuelle de la force des vents (m/s) : station de Mostaganem ; période (1989-2008)

3.4.2. La variation mensuelle de la force des vents

Le tableau donne les vitesses moyennes mensuelles des vents (Benaicha,2010).

Tableau III.13 : Vitesse moyenne mensuelles des vents (m/s) : station de Mostaganem ; Période (1989-2008)

Mois	Janvier	Février	mars	avril	mai	juin	juillet	aout	septemb	octobre	Novemb	Décemb
V (m/s)	1,58	1,87	1,96	2,35	2,61	2,66	1,82	2,03	2,14	2,14	2,07	2,17

Source : ONM Mostaganem

le tableau ci-dessus on constate que la force moyenne maximale des vents est enregistré durant le mois de juin (2,66m/s) et le minimum en janvier (1,58 m/s) (Benaicha,2010).

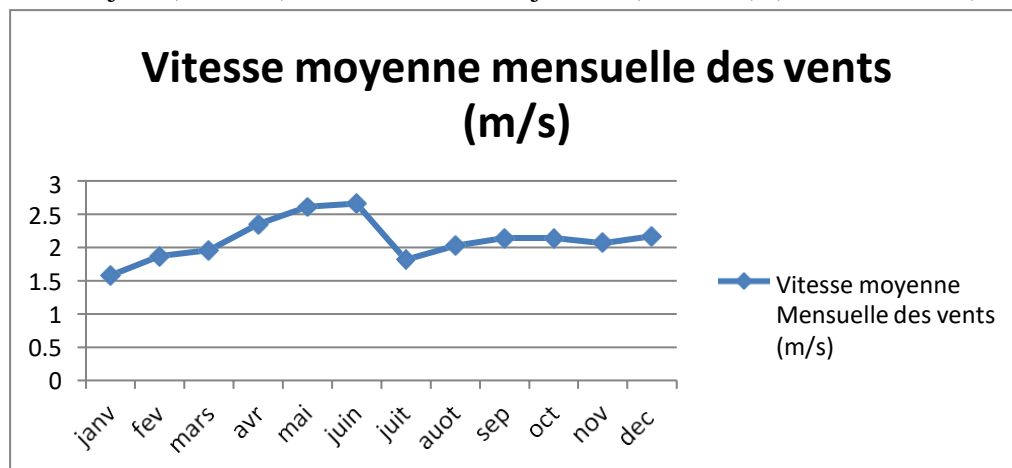


Figure III.15: Variation moyenne mensuelle de la force des vents (m/s) : période (1989-2006)

III.3.5. L'insolation

Ce paramètre est en étroite relation avec les quatre saisons de l'année, et il est par la durée d'ensoleillement d'un lieu donne sur la terre, il vari de même d'un endroit a un autre, et pour une même région selon son exposition et son élévation par rapport au niveau de la mer (Benaicha,2010)..

III.3.5.1. Variation de l'insolation moyenne annuelle

On se basant sur les informations fournis dans le tableau et le trace de la figure pour la station de Mostaganem durant la période 1989_2008 nous pouvons dire qu'il a une augmentation de l'ordre de 7% (Lakhdar Z., 2007).

Tableau III.13: Les valeurs des durée d'insolation moyennes annuelle en heures : station de Mostaganem ; période (1989-2008).

Années	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
I (h)	235	244,5	248,25	261,83	243,75	267,33	260,58	222,33	251,5	251,67	258,17	262,98	260,23	252,11	221,2	243,15	257,58	243,65	254,38	251,78

Source : ONM Mostaganem

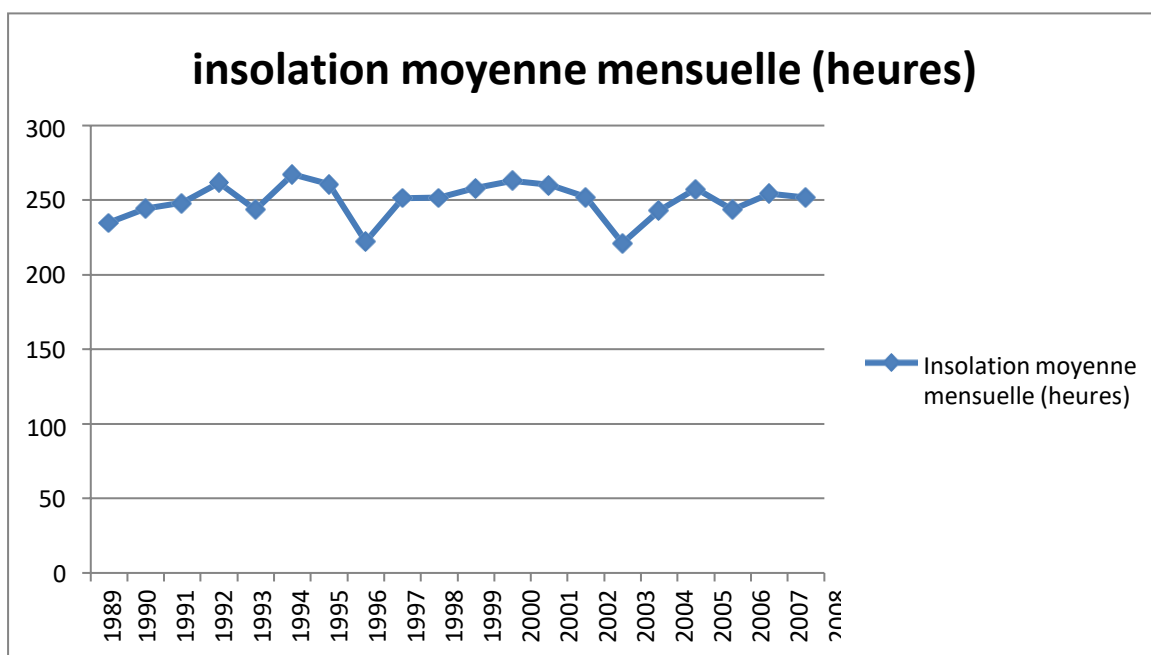


Figure III.16 : Variation de l'insolation moyenne annuelle en heures : station de Mostaganem Période (1989-2008).

III.3.5.2. Variation de l'insolation moyenne mensuelle

Tableau III.14: Les valeurs des durée d'insolation moyennes mensuelles en heurs : station de Mostaganem ; période (1989-2008).

Mois	Janvier	Février	mars	Avril	mai	Juin	juillet	Aout	septembre	octobre	Novembre	décembre
I (h)	190,84	205,22	248,05	259,90	293,96	316,95	322,15	303,64	267,94	229,34	181,89	175,4

Source : ONM Mostaganem

Le paramètre insolation, sous notre climat, atteint son maximum en été et son minimum en hiver ; il varie en outre avec la couverture nuageuse. Le maximum d'ensoleillement est relevé durant le mois de juillet avec une cote de 322,15h (durée totale d'insolation pour le mois de décembre) soit (5,66 h/J) (Lakhdar Z., 2007).

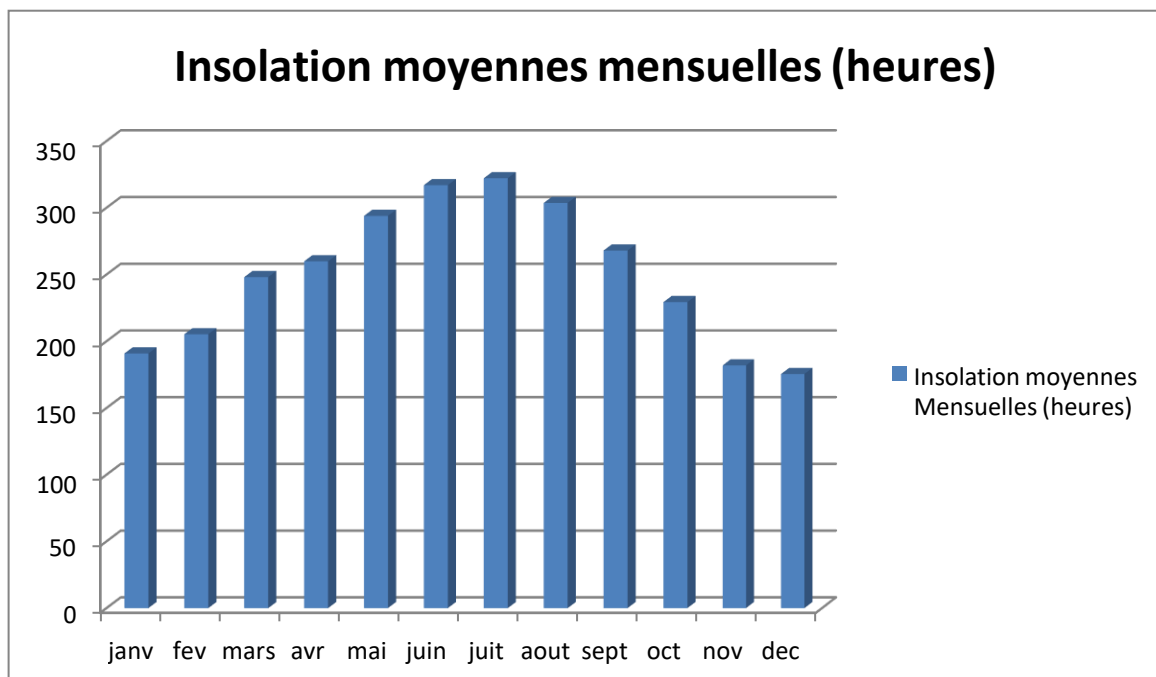


Figure III.17: Variation de l'insolation moyenne mensuelle en heures : station de Mostaganem ; période (1989-2008).

III.3.6. L'évapotranspiration

C'est l'ensemble de l'évaporation de l'eau par le sol et la transpiration des végétaux, c'est un phénomène consommateur d'énergie l'évapotranspiration est donnée en multipliant l'évapotranspiration de référence (ET_0) par un coefficient culturale (KC) (Benaïcha, 2010).

$$ETM = ET_0 \times KC$$

III.3.6.1. Evapotranspiration de référence (ET_0)

Elle est définie comme l'ensemble des pertes en eau par évaporation et transpiration d'une

Surface de gazon de hauteur uniforme couvrant totalement le terrain en pleine période de croissance et donc l'alimentation en eau n'est pas limitant (Benaïcha,2010).

Pour le calcul de ET_0 nous utilisons la formule de penman-monteith car elle s'avère plus fiable en utilisant le logiciel CROPWAT AGLW version 5,7 de la FAO elle est donnée par la formule suivante (Benaïcha,2010) :

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta((R_n - G) + \gamma \frac{900}{t + 273} U_2(e_a - e_d))}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)}$$

Avec

ET_0 : évapotranspiration de référence en mm/j

Δ : pente de la courbe de pression de vapeur saturante pour la température T_a en Kpa /°C

R_n : rayonnement net en MJ/m² jour

G : flux de chaleur dans le sol en MJ/m² jour

γ : Constante psychrométrique en Kpa/°C

t : température moyenne en °C à une hauteur de 2m

U_2 : vitesse du vent mesurée à 2m en m/s

$e_a - e_d$: déficit de la tension de vapeur en Kpa

900 : coefficient pour la culture de référence lie aux unités utilisées et la substitution des variables p , C_p et r_a (résistance aérodynamique) en $\text{kJ}^{-1} \cdot \text{kg} \cdot \text{°K}$

0,34 : coefficient de vent pour la culture de référence en $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{°K}$ résultant du rapport r_s/r_a ($70/208 = 0,34$)

r_s : est la résistance de surface

Les valeurs d'ETM sont données dans le tableau suivant :

Tableau III.14 : l'évapotranspiration moyenne de Mostaganem (1980-2005).

mois	Jan	Fév.	mars	Avr	Mai	juin	juillet	août	sept	oct	nov	Dec	Année
ET_0 (mm/j)	1,22	1,62	2,42	3,27	4	4,78	5,13	4,88	3,76	2,5	1,55	1,20	36,33
ETM (mm)	35,65	44,24	73,47	97,8	124,93	143,7	160,88	150,6	111,6	74,7	45,3	35,01	1097,9

Source :ONM Mostaganem

D'après le tableau la valeur de l'ETM est important du mois de mai (124,93mm) au mois de septembre (111,6mm) elle atteint son maximum au mois de juillet (160,88mm) et son minimum au mois de décembre (35 ,01 mm) (Sandra B., 2008).

III.3.6.2. Le déficit hydrique

C'est la différence entre l'évapotranspiration et les quantités de pluies tombées dans la région au cours du même période le déficit hydrique est donne par la relation suivante :

$$D_p = ETP - P$$

- **D_p** : déficit pluviométrique en mm/mois
- **ETP** : évapotranspiration potentielle en mm/mois
- **P** : pluie moyenne en mm/mois

Dans notre cas les valeurs de l'ETM calculées plus haut sont considérées les précipitations sont celle données par l'ONM et on obtient le tableau (Sandra B., 2008).

Avec un déficit hydrique de 702,29mm un complément en eau d'irrigation est nécessaire à partir du mois de mars. Même si le déficit est présent pendant la majorité des mois de l'année les mois d'été sont les plus déficitaire en eau en effet le déficit n'est positif que pendant 4 mois de l'année (novembre à février) (Sandra B., 2008).

III.3.6.3. Les indices climatiques

III.3.6.3.1. Le quotient pluviométrique

C'est un indice qui permet de déterminer l'étage bioclimatique de la région d'étude selon EMBERGER il est donné par la formule suivante (Sandra B., 2008):

$$Q_2 = \frac{2000P}{(M^2 - m^2)}$$

- **Q₂** : quotient pluviométrique d'EMBERGER
- **P** : pluviométrie moyenne annuelle
- **M** : t° maximale du mois le plus chaud (°k)
- **m** : t° minimale du mois le plus froid (°k)

Avec P=395,61 mm

M=31,56°C soit 304,56°k et m=5,56°C soit 278,56°k

On trouve Q₂= 52,19 ce qui permet de classer la région dans l'étage bioclimatique semi-aride a hiver tempéré (selon le climagramme d'EMBERGER voir annexe) (Sandra B., 2008).

Ce quotient peut aussi être exprime grâce à la formule de STEWART selon laquelle :

$$Q_2 = \frac{3,43P}{M+m}$$

III.3.6.2. L'indice d'aridité de Demartonne

Cet indice a été défini par Demartonne en 1923 et est donne par la formule :

$$I = \frac{P}{T+10}$$

Avec : **P** : précipitations moyenne annuelle

T : température moyenne annuelle

Cet indice caractéristique l'hydrographie d'une région et par conséquent la région faible en eau et dont les cultures demandent un complément d'eau (Sandra B., 2008).

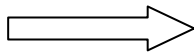
De ce fait si $I < 5$ la région est diminué d'eau courante

Si $5 < I < 20$ irrigation est nécessaire

Si $I > 20$ irrigation est provisoire

Dans notre cas nous avons :

$P = 395,61$ mm



$I = 12,18$

$T = 17,47$ °C

Ce qui fait de la zone de type semi-aride avec des écoulements temporaires (selon le climagramme de demartonne voire annexe n°4) (Sandra B., 2008).

Il est compris entre 5 et 20 alors dans la région l'irrigation est nécessaire (Sandra B., 2008).

Comme nous l'avons dit plus haut les précipitations sont très variables dans la région dans ce cas il est préférable de calculer les indices d'aridité mensuels selon la formule :

$$Im = \frac{12, P_m}{T_m + 10}$$

Avec : **P_m** : précipitations mensuelle

T_m : température mensuelle pour le mois considéré

Les valeurs des Im sont données dans le tableau suivant :

Tableau III.15 : indice d'aridité mensuels (1989-2008)

Mois	Jan	fév.	mars	Avr	mai	Juin	juillt	août	Sep	oct	nov	Dec
Im	33,50	26,61	19,79	20,81	11,01	2,50	0,60	1,20	7,50	15,87	32,01	24,91

SOURCE : ONM Mostaganem

Ainsi l'irrigation est demandée dans presque tous les mois de l'année seul cinq (5) mois ont un indice d'aridité supérieur à 20 (**MRE,1989-2002**).

III.3.6.3. Le diagramme ombrothermique de GAUSSEN

Le diagramme a été établi par BEGNOULS et GAUSSEN et déterminer le nombre de mois secs et humides. Il est établi sur la base des précipitations et des températures les mois secs sont ceux au cours desquels les précipitations (**MRE,1989-2002**).

Sont inférieure ou égales à deux fois la température : $P \leq 2T$.

Quand la courbe des précipitations passe sous la courbe des températures nous retrouvons la définition de la saison sèche. Ainsi la surface de croisement des deux courbes permet de connaître l'importance de la sécheresse surtout en climat méditerranéen (MRE,1989-2002).

4. Conclusion sur le climat de Mostaganem

A l'échelle mensuelle, la méthode des courbes pluviothermique pour les trois périodes intéressées par notre étude montre que :

1. 1989-2008

La période déficitaire allant de début avril jusqu'à mi-octobre soit (6mois) et la période excédentaire s'allongeant de mi-octobre à mi-mars (Nicolas G et al.,2000).

2. 1989-1995

De mi-octobre au début avril c'est la période humide soit (6mois), la période sèche s'étale du début avril à mi-octobre (Nicolas G et al.,2000).

3. 1996-2008

La période excédentaire s'allonge de mi-octobre à mi-février de mi-octobre à mi-février c'est la période sèche (8 mois) (Nicolas G et al.,2000).

En comparant les trois périodes, il en ressort que la période 1996-2008 est caractérisée par la plus longue période sèche d'une durée de (8 mois)

La méthode de Martonne indique que la région est soumise à un climat semi-aride caractérisé par des écoulements temporaires et une couverture herbacée, pour les trois périodes étudiées. L'indice de L. Emberger permet de préciser que le climat est effectivement semi-aride un hiver tempéré, pour les deux périodes (période complète : 1989-2008) et (1989-1995), par contre il est aride avec un hiver tempéré pour la période (1989-1995) (Nicolas G et al.,2000).

III.4 Etude L'hydrographie

L'hydrographie de la région de Mostaganem est caractérisée par deux bassins versants :

- Le bassin versant chott chergui qui s'alimente de la zone du plateau (Samir A., 2009).
- Le bassin versant du Cheliff dont l'alimentation est assurée par la zone du Dahra

L'oued Chélif représente une frontière naturelle entre les deux autres bassins versants.

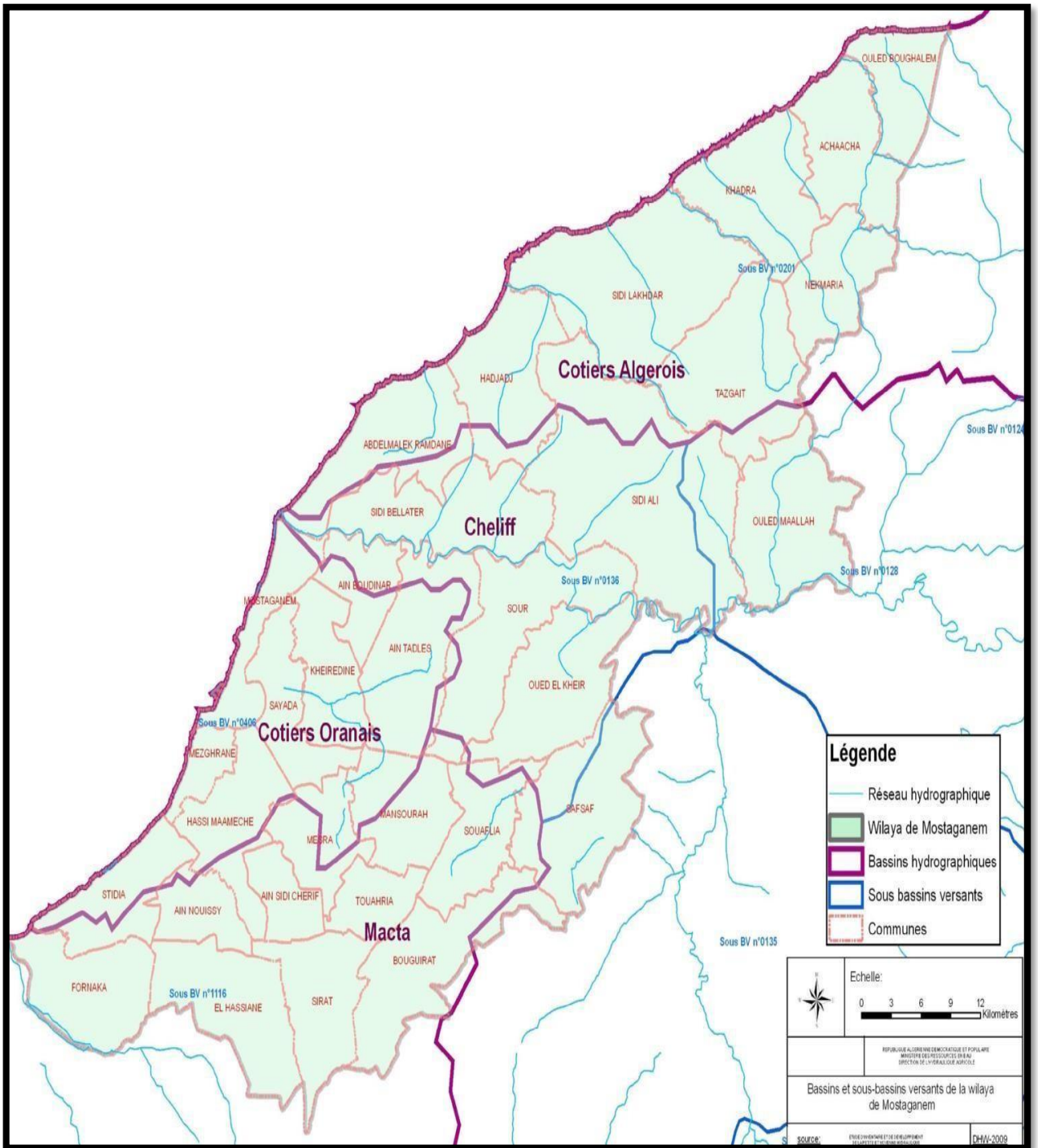


Fig III.18: le bassin versant de la wilaya de Mostaganem.

Source : ANIREF Mostaganem.

➤ **Actualisation des données**

Dans les figures 47 nous allons montrer l'effet des changements climatiques marqué par la hausse des températures et un grand déficit de la pluviométrie :

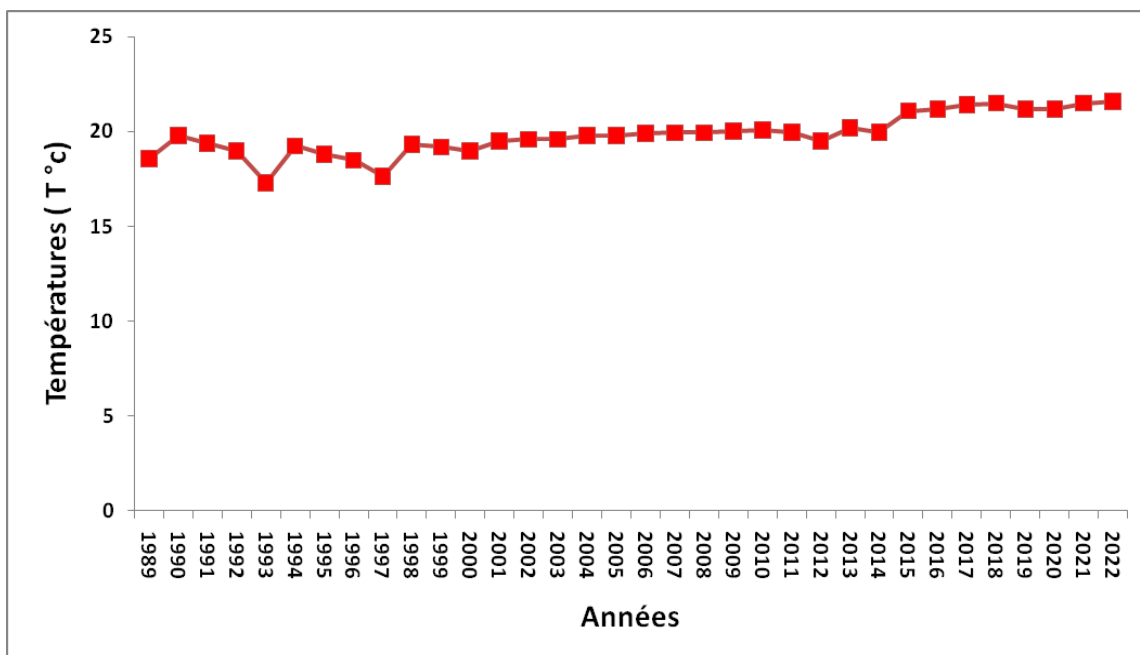


Figure III.19. Evolution des températures annuelles de Mostaganem (Période : 1989-2022).

Source :(**Benaïcha,2010**).

D'après la figure III.19 , nous constatons une hausse des températures annuelles au cours des années, la température qui était seulement de 17 °C durant les années 80/90 , elle a augmenté pour aboutir jusqu'à 21.6 en 2022(**Benaïcha,2010**), nous avons enregistré une moyenne annuelle de 19.83 °C avec un max de 21,6 °C en 2022 et un min de 17,3 °C , en ce qui concerne l'échelle des températures , l'augmentation de la température annuelle de presque de 4°C dans une période de 33 ans , C' est une grande augmentation, il faut tirer la sonnette d'alarme , c'est ce qu' a causé la sécheresse ces dernières années conséquence des changements climatiques et du réchauffement climatique (**Benaïcha,2010**).

D'après la figure III.20 , nous constatons une diminution alarmante des précipitations annuelles au cours des années, les précipitations qui était de 500 à 600 mm durant les années 70/80 ont diminuée pour aboutir à seulement 200 mm ces dernières années , avec une moyenne annuelle de 361 , 89 mm , un max de 550, 60 en 1987 et un min de 219, 8 en 1994 , la diminution des précipitations est très nette et distinctes , C' est un grand déficit concernant les précipitations causée par les changements climatiques et le réchauffement climatiques (Benaicha,2010).).

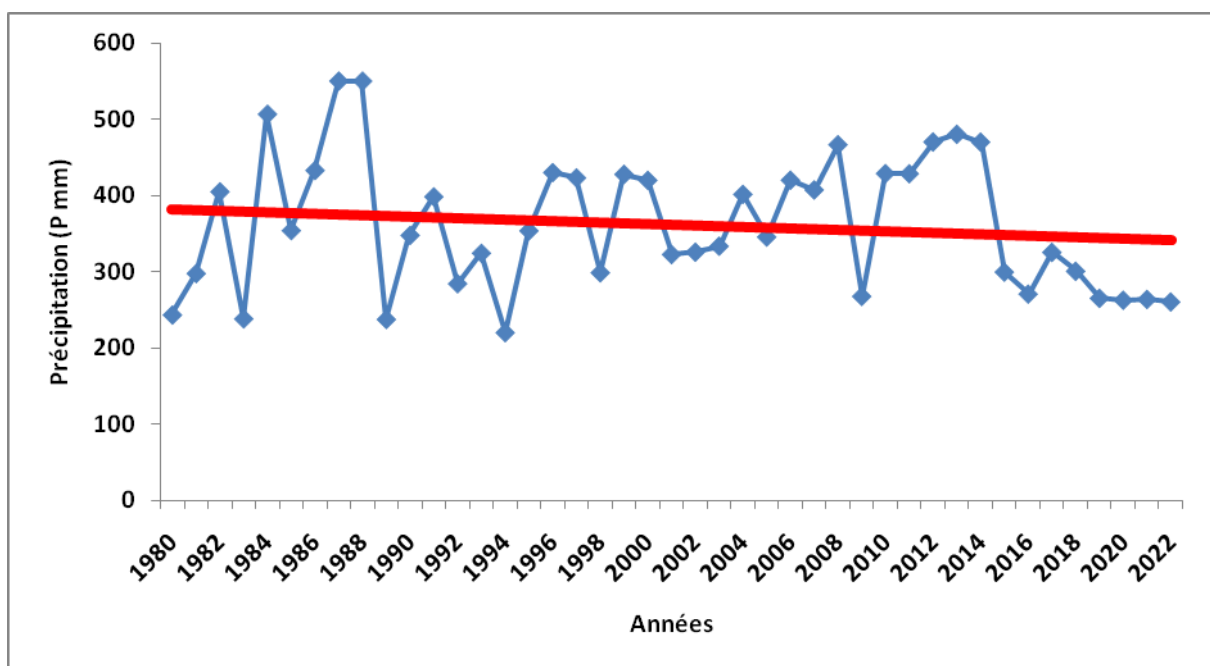


Figure III.20 : variation des précipitations annuelles de Mostaganem (Période : 1989- 2022).
Source : (Benaicha,2010).

Chapitre IV
Impact des changements
climatiques sur les ressources
En eau dans la wilaya de
Mostaganem

Introduction

Le climat est défini comme l'ensemble des différents phénomènes qui se manifestent dans l'atmosphère en un lieu donné de la terre, et dont l'action influence sur l'existence des êtres vivants (faune, flore). Climatologie, branche de la géographie physique ; dite aussi étude du climat, c'est-à-dire la succession des conditions météorologiques sur de longues périodes du temps Pierre (Martin,2006).

Il est nécessaire de disposer de séries de données d'observations météorologiques prolongées pour pouvoir en tirer des indices climatiques valables, Cela est indispensable, non seulement pour connaître les traits moyens d'un climat ; mais aussi pour apprécier les risques de renouvellement d'une situation donnée : par exemple, les risques de longues périodes sèches ou humides (Édouard Bard,2013).

IV.1. Analyse climatique

Avant d'entamer l'étude climatique de la région intéressée « Synclinal de Boughuirat » ; Il s'avère intéressant et même indispensable de la précéder par celle de Mostaganem, pour qu'on puisse discerner les variabilités climatiques, et dans l'espace, en étudiant les deux régions ; et dans le temps en s'appuyant sur diverses séries de données de périodes qui dépasse le plus souvent une décennie(Benaïcha,2010).

IV.1.1. Concernant la station de Mostaganem

Pour effectuer notre étude concernant la station de Mostaganem, on s'est basé sur une gamme de données climatiques qui paraisse nécessaire de l'analyser et la traiter, afin de pouvoir en tirer les traits moyens du climat, et de percevoir par la suite les changements climatiques concernant notre région d'étude, pour une période d'observation assez-longue (1989-2008), afin de les interpréter et de mettre en évidence le début de ce phénomène (Benaïcha,2010).

La collecte des données a été faite au niveau de l'office national météorologique de la station de Mostaganem (ONM-Mostaganem).

IV.1.1.1. Les caractéristiques de la station de référence

Tableau IV.16. Les caractéristiques de la station de référence.

Station	Altitude	Latitude	Longitude	Période de service
Mostaganem	137m	35°53'N	00°.07E	1980-2008

Sources : ONM. Mostaganem.

Pour les paramètres climatiques, à l'exception des précipitations (où nous possédons des données de 29 ans (1980-2008) nous avons des données de 20ans (1989-2008) (Benaïcha,2010).

IV.1.1.2. Les facteurs hydriques

i. Etude des précipitations

La précipitation d'une région est l'ensemble des eaux qui tombent sur la surface soit sous forme liquide (pluie) ou solide (grêle, neige) ; C'est un facteur primordial, et très variable du climat, aussi bien dans le temps que dans l'espace (Seltzer, P.,1946).

Dans son étude sur le climat de l'Algérie ; " P. Seltzer " a montré que la répartition des pluies obéit aux trois lois suivantes :

-La hauteur de pluie augmente avec l'altitude, mais est plus élevée sur les versants exposés aux vents humides que sur les autres.

-Elle augmente de l'Ouest à l'Est : la cause doit être dans le régime des vents et la forme même de la méditerranée (Seltzer, P.,1946).

-Elle diminue à mesure qu'on s'éloigne du littoral.

L'étude récente de Paquin et Chaumont a montré que les isohyètes se resserrent autour des massifs alors que dans la plaine, elles se relâchent(Benaïcha,2010).

ii. Les régimes pluviométriques

▪ Régime annuelle

Le tableau 10, est obtenu en faisant la somme des précipitations des vingt-neuf (29) années qui ont servies à l'étude(Benaïcha,2010).

La pluie moyenne annuelle (durant une période de vingt-neuf (29) années) de la station de Mostaganem est voisine de 405,38mm/an (Hans Sr., 2007).

La somme des précipitations au cours de cette période, montre l'irrégularité des précipitations d'une année à l'autre (Hans Sr., 2007).

La tendance temporelle de la précipitation annuelle, nous a permis de discerner que les précipitations se sont légèrement accrues jusqu'à l'année 1988, bien qu'on distingue que certaines périodes sont sèches. Depuis 1989, les précipitations ont chuté jusqu'à 1995 et avoisinent la valeur moyenne sur la période de 1992-1993 (ONM Mostaganem).

L'ascension des précipitations depuis 1995 peut être interpréter comme étant un indice des perturbations climatique qui s'est traduite sous cet aspect ; elle est considérée comme sauf exceptionnelle (Benaïcha,2010) [**Données pluviométriques Annexe 1**].

Tableau IV.17. Régime annuel des Précipitations (mm) : Station de Mostaganem ; Période (1980-2008).

Années	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Moyenne
P (mm)	243	297,5	405	238	507	354	433	843,9	550,5	237,2	347,7	398,4	284,2	324,2	219,8	353,7	487,6	423,3	298,5	428	420,1	548,1	310,4	442,9	492,7	329,2	608,4	455,8	473,9	405,38

Source : ONM Mostaganem.

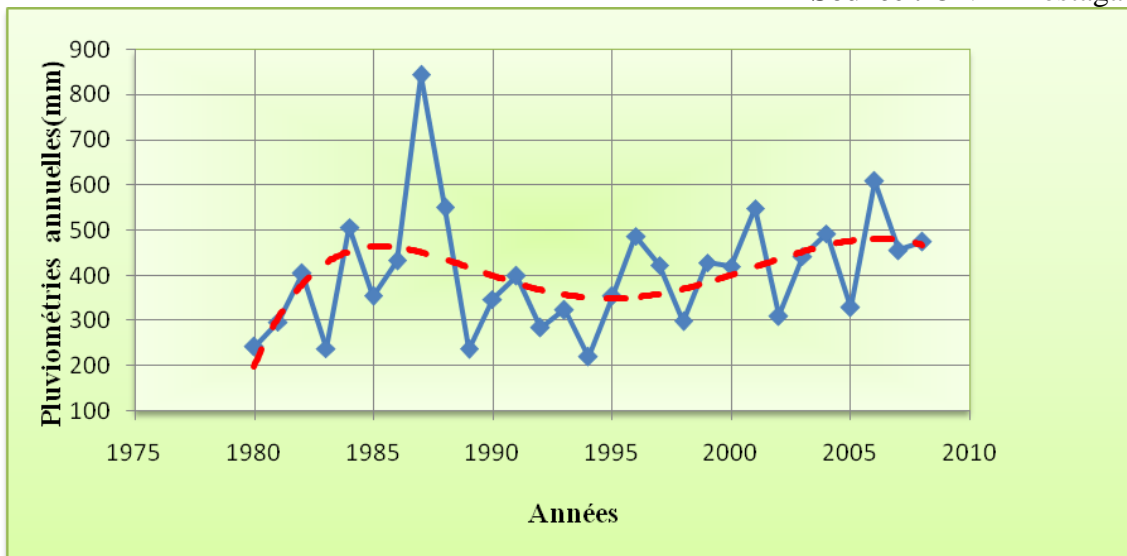


Figure IV.19. Fluctuation des précipitations moyennes annuelles (mm) : Station de Mostaganem ; Période (1980-2008).

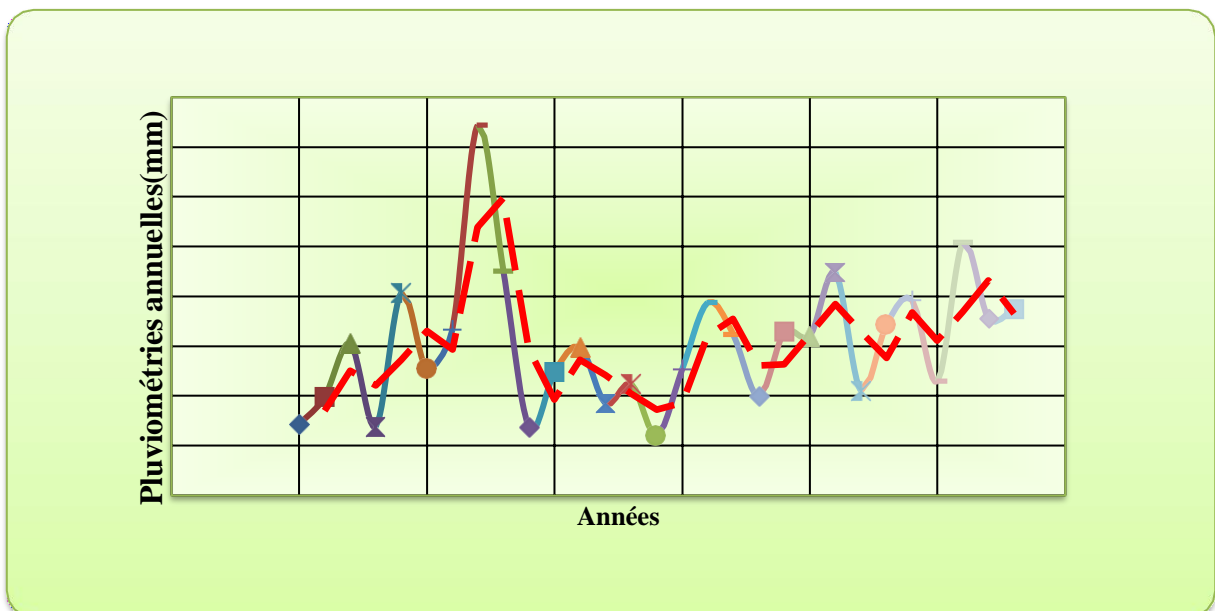


Figure IV.20. Précipitations moyennes annuelles (mm) : Station de Mostaganem ; Période (1980-2008).

▪ Régime mensuel

Tableau IV.18. Régime mensuel des précipitations (mm) : Station de Mostaganem ; Période (1980-2008).

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Total
P (mm)	57,21	47,83	36,91	41,31	26,71	6,20	1,73	3,21	22,4	38,84	69,61	53,3	405,38

Source : ONM Mostaganem.

On constate d’après le tableau 18 que :

- Le module pluviométrique moyen annuel pour la station de Mostaganem ; Période (1980-2008) est de 405,38mm (Joanne L., 2000).
- Une irrégularité des précipitations moyennes mensuelles qui sont fortes et concentrées pendant la saison hivernale (Novembre à Février), et très réduites pendant les mois de Juin, Juillet, Aout (été) (Benaicha,2010).

Il ressort donc que les mois les plus pluvieux sont : Novembre (69,61mm), janvier (57,21mm) Décembre (53,33mm), Février (47,83mm), (Ordre décroissant), le minimum est atteint en Juillet (saison estival) (Joanne L., 2000).

Les maximas sont enregistrés du début Novembre à fin Février, et représentent à peu près 56% de la pluviométrie annuelle (Joanne L., 2000).

Pour une meilleure compréhension et visualisation de la répartition des précipitations moyennes mensuelles, Il serait plus intéressant de les représentées graphiquement (ONM Mostaganem).

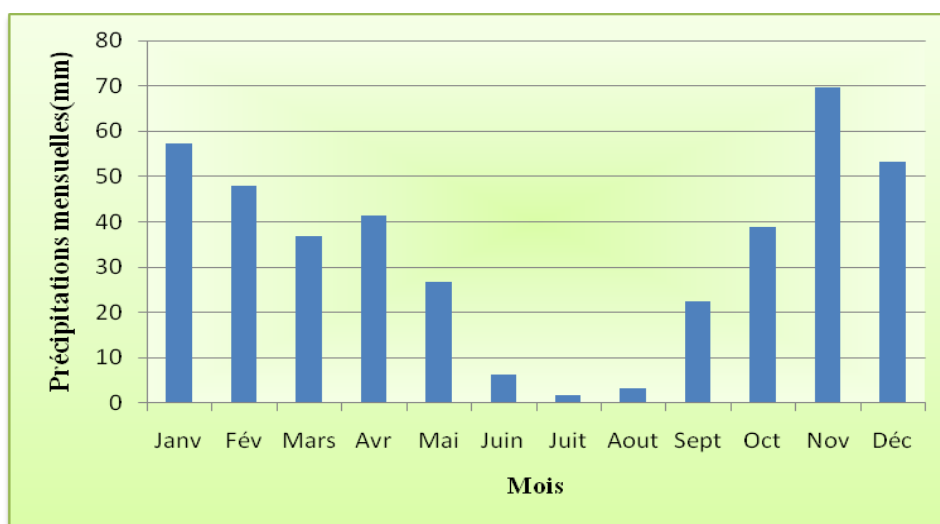


Figure IV.21. Précipitations moyennes mensuelles (mm) : Station de Mostaganem ; Période (1980-2008).

A partir de l'histogramme des précipitations moyennes mensuelles établi pour notre station d'étude (**figure 21**), nous avons pu déduire les conclusions suivantes (Kisito N., 2008) :

Le maximum des précipitations s'observe au mois de Novembre (69,61mm), le minimum s'observe au mois de Juillet (1,73mm), On conclut que le mois humide correspond au mois de Novembre alors que le mois sec correspond au mois de Juillet (Joanne L., 2000).

▪ **Régime saisonnier**

Le régime saisonnier nous renseigne sur la hauteur des pluies durant chaque saison. Il consiste à regrouper les mois de l'année qui se ressemblent le plus, du point de vue précipitation et température (Kisito N., 2008).

En fonction des quatre (4) saisons de l'année, les précipitations (mm), et leurs taux (%), sont données dans le tableau ci-après (tableau12) (Benaïcha,2010) :

Tableau IV.19. Régime saisonnier des précipitations (mm) : Station de Mostaganem ; Période (1980-2008).

Saisons	Automne (A)	Hivers (H)	Printemps (P)	Eté (E)	Année
Mois	Sept, Oct, Nov	Déc, Jan, Fév.	Mars, Avr, Mai	Juin, Juit, Aout	-----
P (mm)	130,93	158,38	104,93	11,14	405,38
%	32,3	39,07	25,88	2,75	100

Source : ONM Mostaganem.

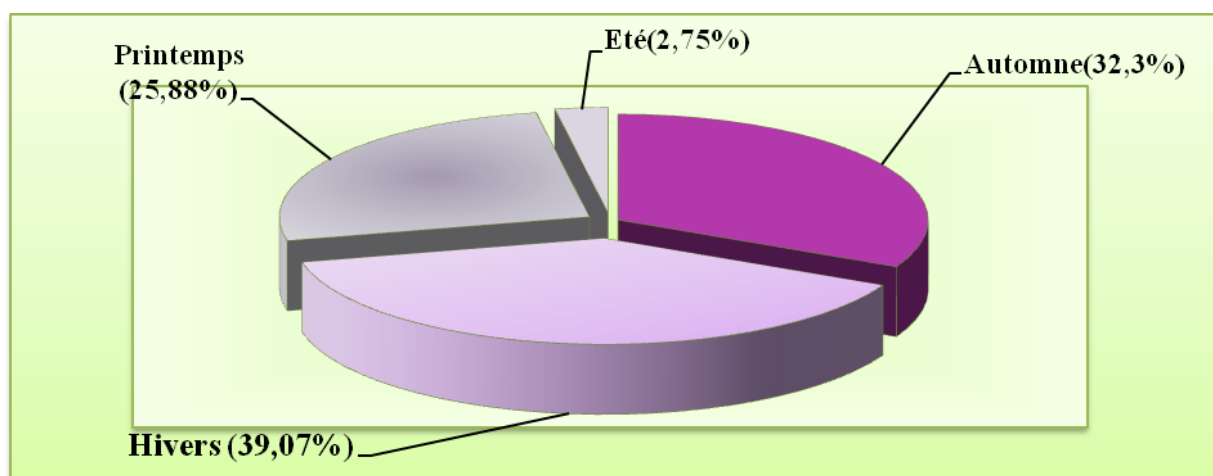


Figure IV.22. Précipitations moyennes saisonnières (mm) : Station de Mostaganem ; Période (1980-2008).

Le tableau 12 est obtenu en regroupant les mois de l'année par trois pour avoir quatre saisons, Il ressort que la saison la plus pluvieuse est l'hivers, qui représente 39,07% des précipitations annuelles, succédée par l'automne (32,3%), le printemps reçoit 104,93mm, et enfin l'été est la saison la plus sèche d'où les précipitations atteignent 11,14mm (Mahi Tabet A., 2008).

Donc la station de Mostaganem présente un régime de type H.A.P.E (Benaïcha,2010).

Après on procède à un arrangement des saisons par ordre croissant de pluviométrie ; Ceci permet d’obtenir deux (2) saisons distinctes (Mahi Tabet A., 2008) :

- Saison Humide qui est la plus longue et là plus arrosée (Septembre-Mai).
- Saison sèche qui s’étale de Juin à Aout, et qui est la plus sèche.

Tableau IV.20. Régime saisonnier des précipitations (mm) : Station de Mostaganem ; Période (1980-2008).

Saisons	Humide	Sèche
Mois	Sept, Oct, Nov, Déc, Jan, Fév., Mars, Avr, Mai	Jui, Juit, Aout
P (mm)	394 ,24	11,14

Source : ONM Mostaganem.

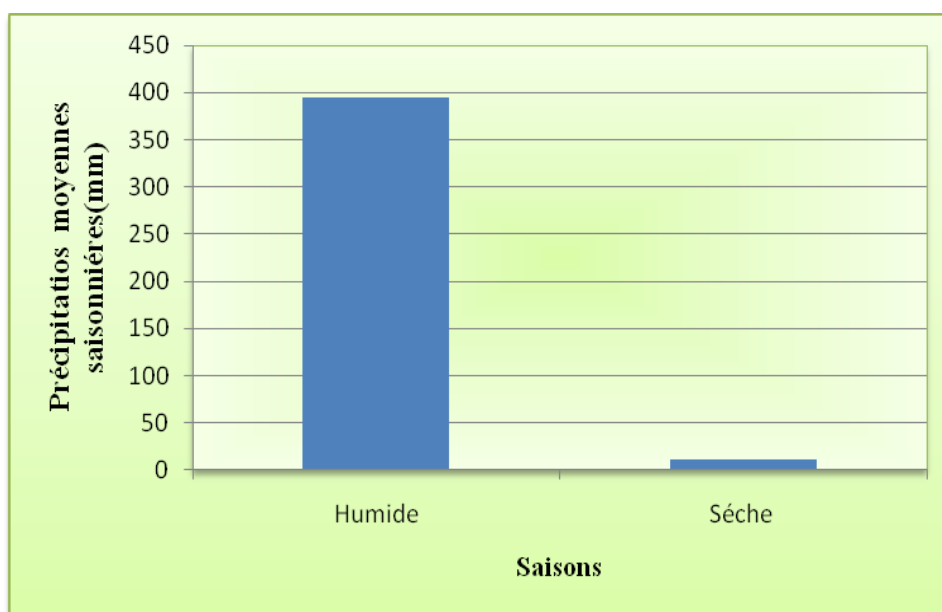


Figure IV.23. Evolution des précipitations moyennes **saisonnnières** (mm) : Station de Mostaganem ; Période (1980-2008).

IV.1.1.3. Les facteurs thermiques

i. Les températures

Dans une station donnée, la température présente le facteur le plus influant du climat, c’est surtout les températures extrêmes (minimales et maximales) qui ont cette caractéristique.

La distribution spatiale de la température de l’air dans une région est principalement conditionnée par des facteurs physiographiques, notamment le relief (altitude et exposition), la nature du sol et de son revêtement, la proximité des grandes superficies d’eau, et par le régime du vent (Maximilien A et al.,2000).

a. Variation de la température moyenne annuelle

Le tableau 21, présente les températures moyennes annuelles (°C) : Station de Mostaganem ; Période (1989-2008).

Tableau IV.21. Températures moyennes annuelles (°C) : Station de Mostaganem ; Période (1989-2008).

Années	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
T Moy	18,6	19,8	19,4	19	17,13	19,25	18,8	18,5	17,65	19,34	18,45	18	18,8	17,55	19,8	19,35	17,6	19,65	18,7	19,25

Source : ONM Mostaganem

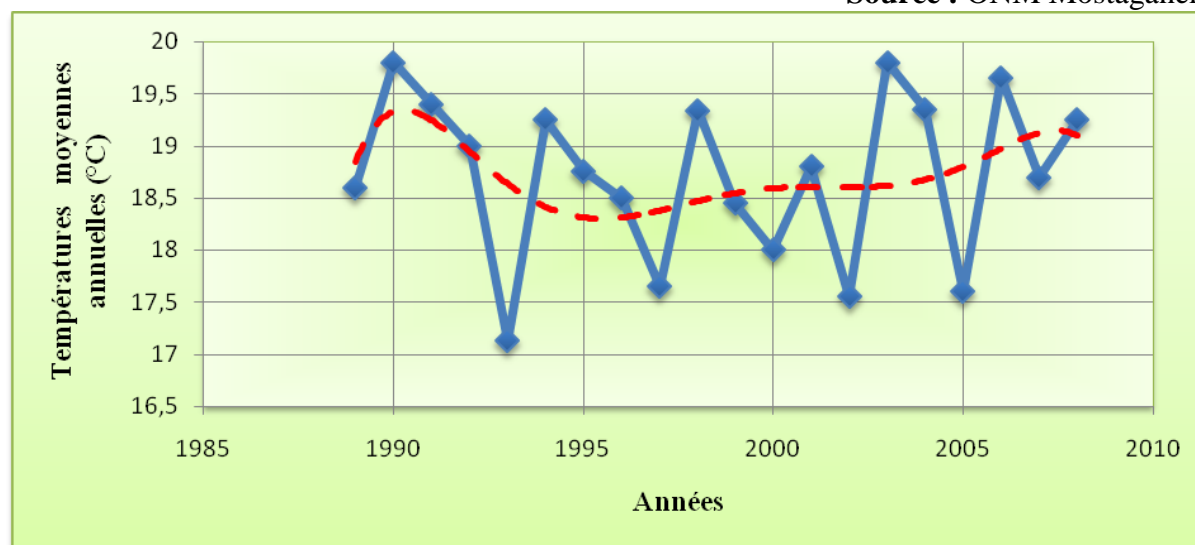


Figure IV.24. Variation de la température moyenne annuelle (°C) au cours du temps : Station de Mostaganem ; Période (1989-2008).

La figure 24 donne l'évolution de la température (°C), de la station de Mostaganem entre 1989 et 2008. Cette figure, basée sur les données quotidiennes (Maximilien A et al.,2000).

Depuis 1995, La température a enregistré une élévation distincte et ressentie, et ne cesse de s'accroître ; Cette augmentation est de plus de 0,5 °C (Maximilien A et al.,2000).

b. Evolution de la température moyenne mensuelle

Dans le tableau suivant (tableau15) on indique les valeurs moyennes mensuelles et annuelles des températures, les moyennes des maximales, les moyennes des minimales (Benaicha,2010).

Tableau IV.22. Les températures moyennes mensuelles (°C) : Station de Mostaganem ; Période (1989-2008).

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
m (°C)	5,61	6,34	7,8	9,56	13,24	16,73	19,43	20,32	17,68	14,37	9,62	7,48
M (°C)	16,16	17,04	19,14	20,85	23,78	28,09	31,34	32,12	28,47	24,85	19,66	17,05
(M+m)/2	10,89	11,69	13,47	15,21	18,51	22,41	25,39	26,22	23,08	19,61	14,64	12,27

Source : ONM Mostaganem.

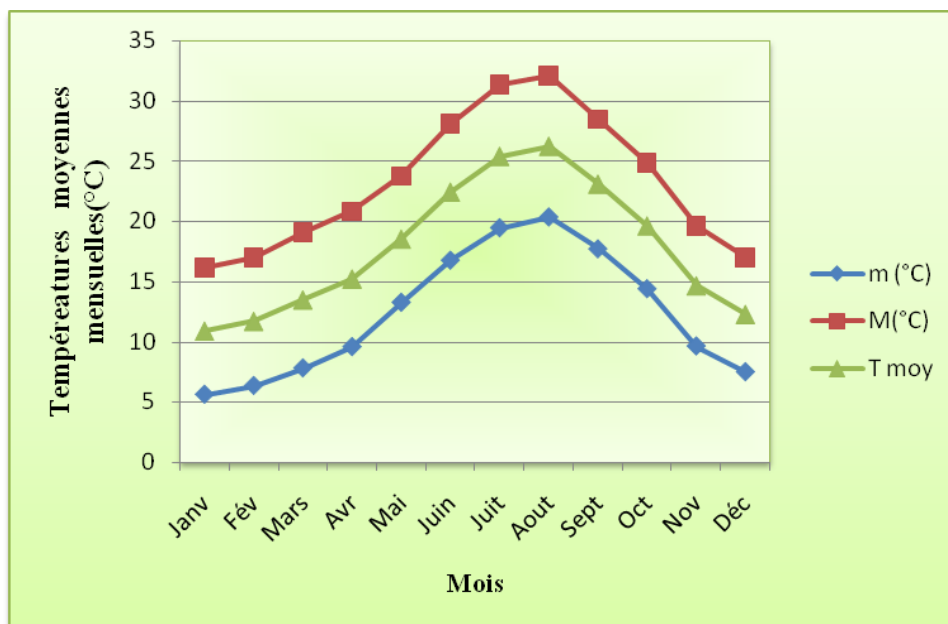


Figure IV.25. Variation des températures min, max, moy (°C) : Station de Mostaganem ; Période (1989-2008).

Le tracé des courbes des variations des températures (figure 37) montre deux pôles extrêmes : un pôle froid correspondant aux mois : Décembre, Janvier et Février et un pôle chaud correspondant aux mois : Juillet et Août (MRE,2018).

Ces courbes des températures moyennes mensuelles montrent une croissance régulière des températures de Janvier à Août, suivie d'une décroissance jusqu'à Décembre (MRE,2018).

Le minimum et le maximum absolus se situent respectivement aux mois de Janvier (5,61°C) et Août (32,12°C) (MRE,2018).

La température moyenne annuelle est de : 18 °C.

ii. L'humidité relative de l'air

L'air atmosphérique est un mélange d'air sec et de vapeur d'eau, représenté par des proportions variables, cette variabilité dans l'espace et dans le temps est due principalement à la température. La vapeur d'eau alimente les précipitations et absorbe en outre les radiations de grande longueur d'onde émises par la terre l'empêche de se refroidir la nuit en lui renvoyant la chaleur par rayonnement, la connaissance à tout instant de l'humidité est très importante, elle est à l'origine de toutes les précipitations et elle les alimente par la suite, De plus elle régit l'évaporation de l'eau sur la végétation, le sol ou les nappes d'eau. L'humidité relative est représentée par le rapport de la pression partielle de la vapeur d'eau dans l'air et la pression de vapeur saturante à la même température(MRE,2018).

a. Variation de l'humidité relative moyenne annuelle

La figure 38 présente l'évolution de l'humidité relative moyenne annuelle au cours de la période 1989-2008. D'après laquelle nous constatons que l'humidité relative moyenne annuelle

À augmenter de plus de 2,5% environ. Les valeurs sont données dans le tableau 23(MRE,2008).

Tableau IV.23. Humidités relatives moyennes annuelles (%) : Station de Mostaganem ;
Période (1989-2008).

Années	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Hr(%)	71,42	73	73,25	74,83	76,08	73,5	72,17	74,33	75,08	73	72,92	72,08	71,67	74,17	74,42	73,75	73,75	73,33	75,17	74,17

Source : ONM Mostaganem.

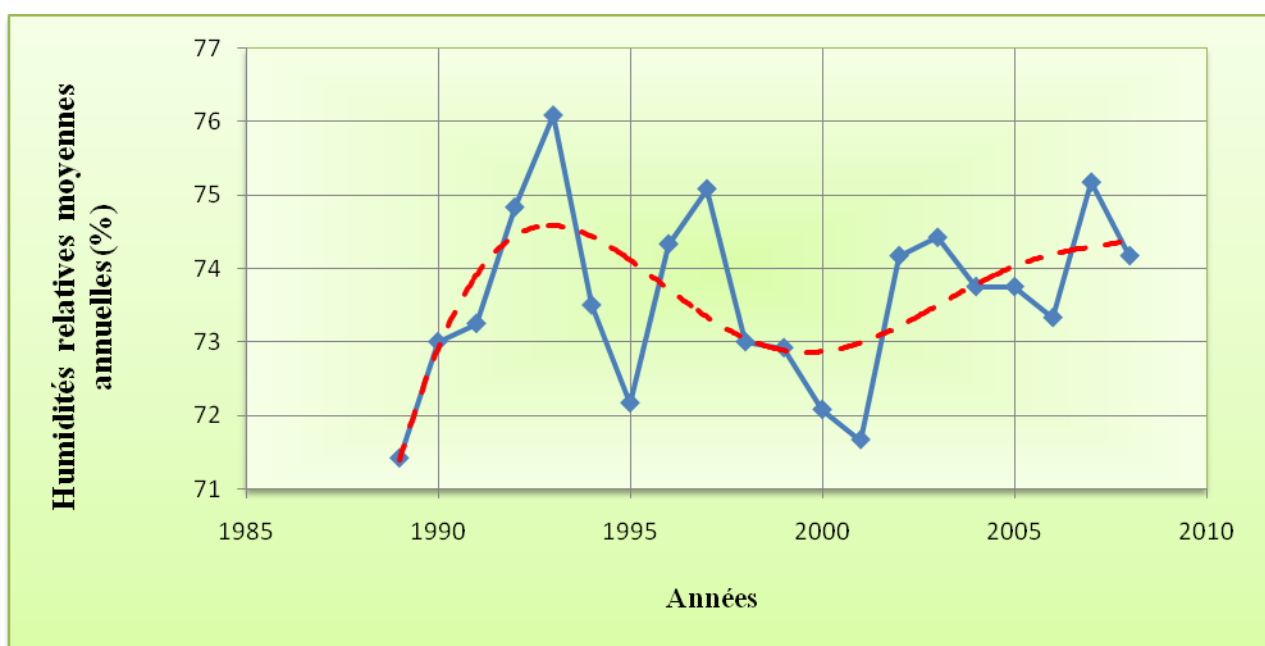


Figure IV.26. Variation de l'humidité relatives moyenne annuelle (%) au cours du temps :
Station de Mostaganem ; Période (1989-2008).

b. L'humidité relative moyenne mensuelle

Les valeurs de l'humidité relative (%) sont données dans le tableau 24 (MRE,2018)..

Tableau IV.24. Humidités relatives **moyennes** mensuelles (%) : Station de Mostaganem ;
Période (1989-2008).

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Hr(%)	77,75	76,8	75,45	71,9	71,55	69,4	68,5	68,35	72,4	75,5	77,6	78,05

Source : ONM Mostaganem.

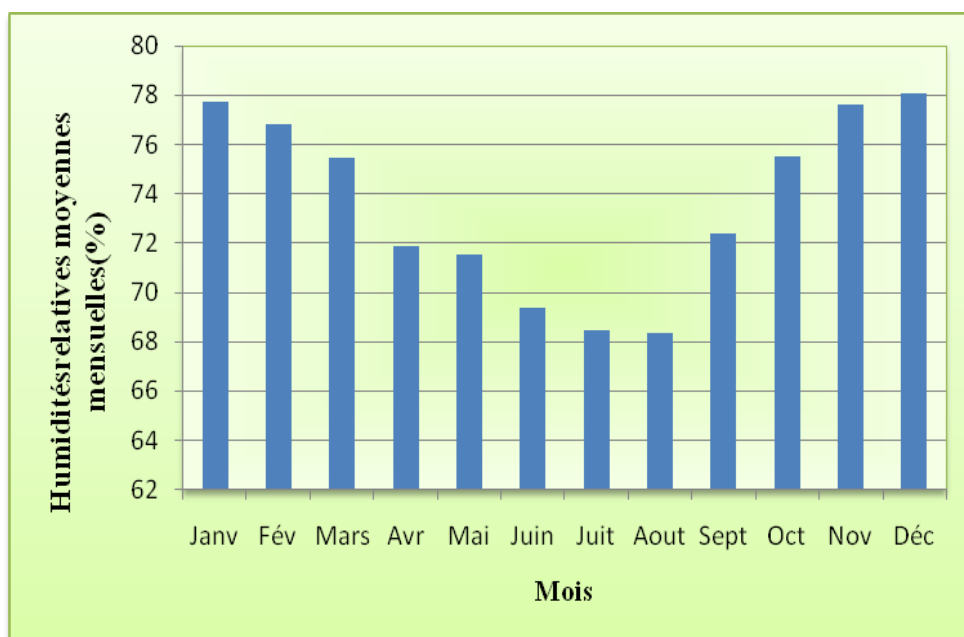


Figure IV.27. Humidité relative moyenne mensuelle (%) : Station de Mostaganem ; Période (1989-2008).

L'humidité est élevée pendant la saison hivernale, par contre elle diminue en été du fait que les températures sont plus fortes. Le degré hygrométrique au niveau de la région est relativement fort (74% en moyenne). Cela est dû à la proximité de la région avec la mer, ce qui modère un peu le climat de région (MRE,2008).

iii. Les vents

Le vent est un élément du climat caractérisé par une vitesse et une direction donnée étroitement liée aux reliefs. C'est l'un des éléments les plus caractéristiques du climat (Mohamed S., 2008)

a. La variation annuelle de la force des vents

Les valeurs des vitesses moyennes annuelles des vents sont données dans le tableau 25.

Tableau IV.25. Vitesses moyennes annuelles des vents (m/s) : Station de Mostaganem ; Période (1989-2008).

Années	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
V (m/s)	2,21	1,93	2,33	1,87	2,68	2,88	2,14	1,85	1,64	1,46	2,92	2,2	2,1	2,13	1,73	1,92	2,05	2,02	2,11	2,18

Source : ONM Mostaganem.

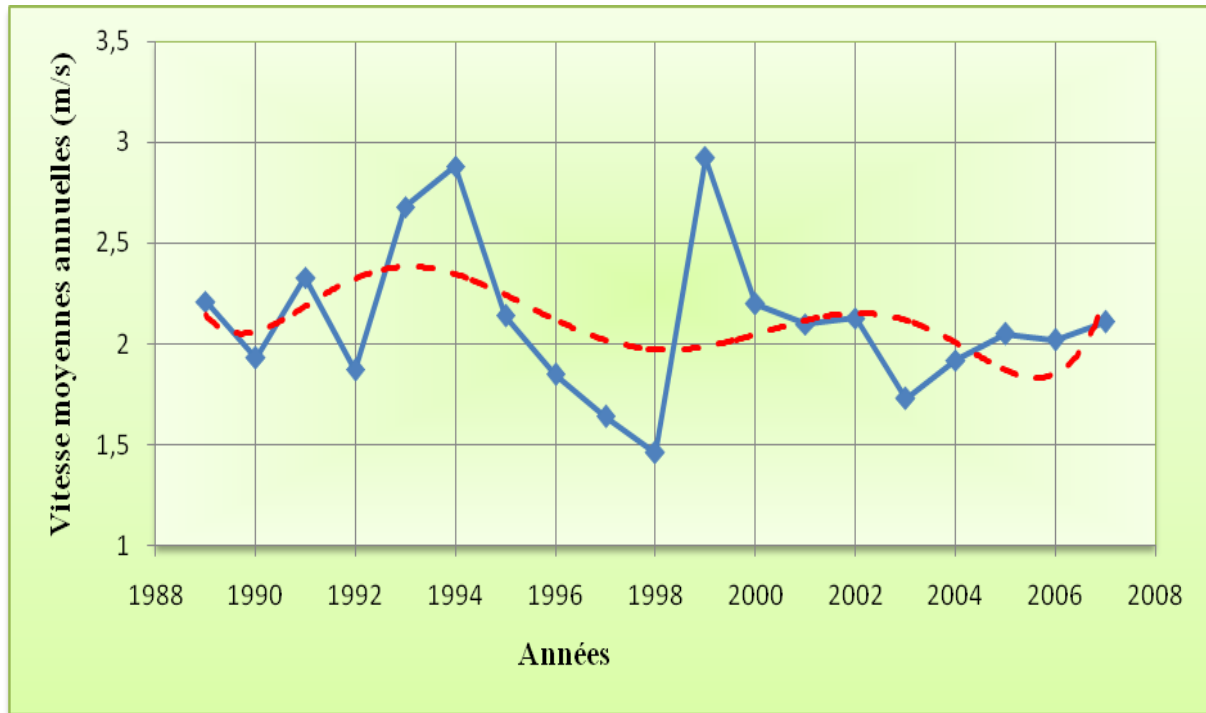


Figure IV.28. Variation moyenne annuelle de la force des vents (m/s) : Station de Mostaganem ; Période (1989-2008).

La figure 28 montre la variation moyenne annuelle de la force des vents (m/s), pour la station de Mostaganem (période : 1989-2008), pendant laquelle on enregistre une divergence négligeable (MRE,2008).

b. La variation mensuelle de la force des vents

Le tableau 26 donne les vitesses moyennes mensuelles des vents. D’après le tableau ci-dessus (**tableau 26**) on constate que la force moyenne maximale des vents est enregistrée durant le mois de Juin (2,66m/s), et le minimum en Janvier (1,58m/s) (Mohamed S., 2008).

Tableau IV.26. Vitesses moyennes mensuelles des vents (m/s) : Station de Mostaganem ; Période (1989-2008).

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
V (m/s)	1,58	1,87	1,96	2,35	2,61	2,66	1,82	2,03	2,14	2,14	2,07	2,17

Source : ONM Mostaganem.

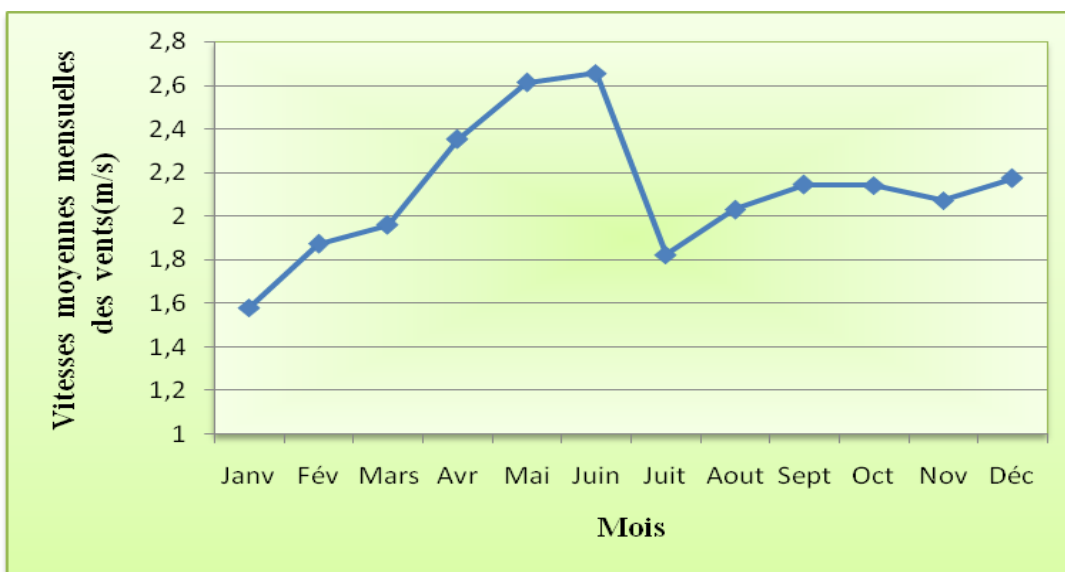


Figure IV.29 Variation moyennes mensuelles de la force des vents (m/s) : Station de Mostaganem ; Période (1989-2008).

Tableau IV.27. Les valeurs des durées d'insolation moyennes annuelles en heures : Station de Mostaganem ; Période (1989-2008).

Années	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
I (h)	235	244,5	248,25	261,83	243,75	267,33	260,58	222,33	251,5	251,67	258,17	262,98	260,23	252,11	221,2	243,15	257,58	243,65	254,38	251,78

Source : ONM Mostaganem

iv. L'insolation

Ce paramètre est en étroite relation avec les quatre saisons de l'année, et il est défini par la durée d'ensoleillement d'un lieu donnée sur la terre, il varie de même d'un endroit à un autre, et pour une même région selon son exposition et son élévation par rapport au niveau de la mer (MRE. ; 2009).

a. Variation de l'insolation moyenne annuelle

On se basant sur les informations fournis dans le tableau 27 et le tracé de la figure 42 pour la station de Mostaganem durant la période 1989-2008 (MRE. ; 2009). Nous pouvons dire qu'il y a une augmentation de l'ordre de 7% (Benaïcha, 2010).



Figure IV.30. Variation de l’insolation moyenne annuelle en heures : Station de Mostaganem ; Période (1989-2008).

b. Variation de l’insolation moyenne mensuelle

Tableau IV.28. Les valeurs des durées d’insolations moyennes mensuelles en heures : Station de Mostaganem ; Période (1989-2008) (MRE. ; 2009).

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
I(h)	190,84	205,22	248,05	259,90	293,96	316,95	322,15	303,64	267,94	229,34	181,89	175,4

Source : ONM Mostaganem.

Le paramètre Insolation, sous notre climat, atteint son maximum en été et son minimum en hiver ; il varie en outre avec la couverture nuageuse. Le maximum d’enseillement est relevé durant le mois de Juillet avec une cote de 322,15h (durée total d’insolation pour le mois de Juillet), soit 10,39h/j (durée en moyenne pendant une journée) (MRE. ; 2008).

Le minimum d’enseillement est observé en Décembre pour une cote de 175,4h (durée total d’insolation pour le mois de Décembre), soit 5,66h/j (MRE. ; 2009).

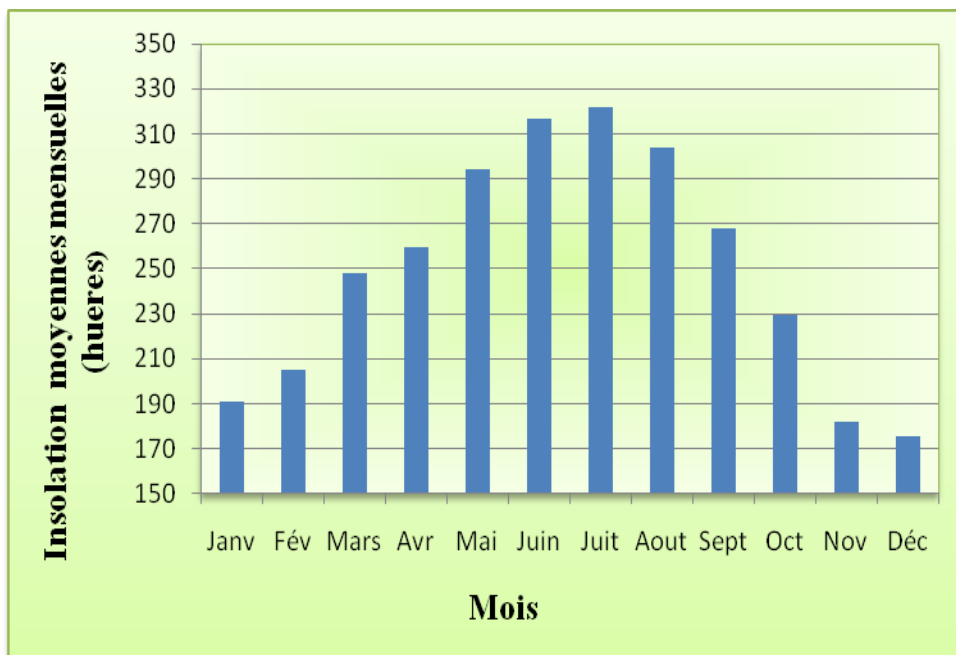


Figure IV.31. Variation de l'insolation moyenne mensuelle en heures : Station de Mostaganem ; Période (1989-2008).

IV.1.1.4. Evaporation

L'évaporation est un phénomène qui désigne les pertes en eaux par retour directe à l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau ; sa tendance temporelle est en étroite relation avec la température. (MRE. ; 2009).

i. Variation de l'évaporation moyenne annuelle

Les données de l'évaporation moyenne annuelle sont indiquées sur le tableau 22. En se basant sur la figure 44, La courbe prend une allure croissante indiquant une augmentation de l'évaporation, nommément depuis 1995 (Nathalie,2006).

Tableau IV.29. Evaporations moyennes annuelles : Station de Mostaganem ; Période (1989-2008) (MRE. ; 1989-2008).

Années	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Evap (mm)	97,36	102,49	99,62	92,71	106,48	108,19	102,34	100,56	122,5	102,86	101,17	102,96	101,07	99,98	135	102	121	99,98	100,3	123,42

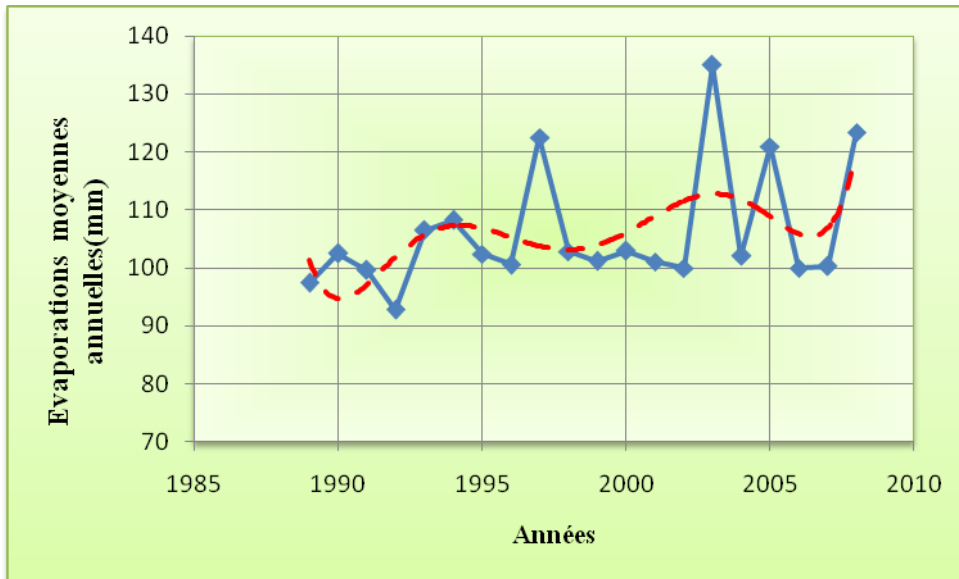


Figure IV.32. Variation de l'évaporation moyenne annuelle : Station de Mostaganem ; Période (1989-2008).

ii. Variation de l'évaporation moyenne mensuelle

Tableau IV.30. Variation de l'évaporation moyenne mensuelle (mm) : Station de Mostaganem ; Période (1989-2008).

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Evap (mm)	49,98	58,4	82,18	97,51	115,6	128,97	141,5	165,39	100,80	88,55	60,05	55,40

Source : ONM Mostaganem.

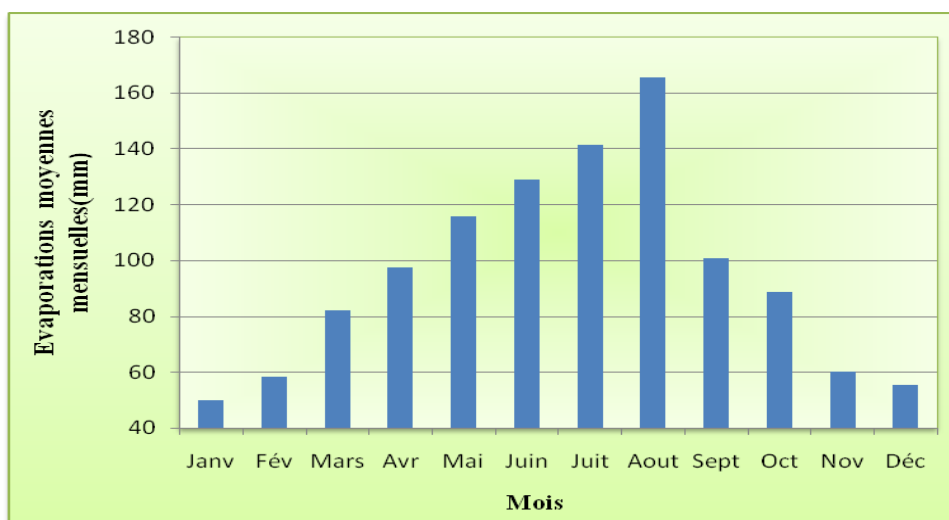


Figure IV.33. Evaporation moyenne mensuelle (mm) : Station de Mostaganem ; Période (1989-2008).

Le maximum d'évaporation est enregistré en Août (165,39mm), le minimum en mois de Janvier (49,98mm). Cette évaporation est importante pendant la saison estivale ; du faite que la température est forte (ONU. 2002).

IV.1.1.5. Etude du climat

Pour l'étude du climat concernant la station de Mostaganem, plusieurs méthodes seront utilisées (Peter S and Doug R., 2003) :

- Les unes nous permettrons de visualiser l'étendue des saisons sèches et humides (méthodes graphiques) (Bengharbi, 2010).

-Les autres, basées sur le calcul d'indices, nous permettrons à partir des précipitations et des températures de caractériser le climat de la région (méthodes analytique)

Pour mieux cerner les variabilités du climat, en s'est basé sur les tracés des graphiques (Figures. 31-32-36), qui visualisent les tendances temporelles des précipitations et des températures, montrent ainsi que le climat a connu pendant ces dernières années de fortes fluctuations, d'où l'année de référence qui reflète le mieux ces changements , apparait dans les graphes comme un point de déviation de l'évolution normale des courbes est l'année 1995, pour cela on s'intéresse a tracé des graphiques et a calculé des indices climatiques pour trois périodes , la première s'allonge de 1989-2008 (pour la période complète de vingt- ans),la deuxième (1989-1995), et en fin, la dernière (1996-2008) (Bengharbi, 2010).

i. Les méthodes graphiques

a. Méthode des courbes pluviothermique : (Gausсен & Bagnouls)

D'après Gausсен et Bagnouls, un mois sec est celui où le total moyen des précipitations exprimé en mm est inférieur ou égal au double de la température moyenne exprimée en (°C), soit $P \leq 2T$ °C. Cette relation permet d'établir des diagrammes pluviothermique sur lesquels les températures sont portées à une échelle double de celle des précipitations (Benaicha,2010).

- Pour un mois sec, la courbe des températures passe au-dessus de la courbe des précipitations (Benaicha,2010).

- Pour un mois humide, la courbe des précipitations passe au-dessus de celle des températures (Benaicha,2010).

Tableau IV.31. Moyenne mensuelle et annuelle des précipitations et de température : Station de Mostaganem ; pour les trois périodes étudiées.

Mois		Janv.	Févr.	Ma	Avl	Ma	Jui	Juill	Aut	Septem	Octob	Novemb	Déc
Précipitations (mm)	P 1	46,65	48,91	39,03	37,18	25,57	4,76	2,04	3,61	25,58	32,73	71,43	56,74
	P 2	30,61	46,79	61,03	27,54	16,54	6,56	3,33	2,00	11,86	24,14	53,07	25,84
	P 3	55,28	50,05	27,18	42,37	30,42	3,79	1,35	4,47	32,96	37,35	81,32	73,37
Températures (°C)	P 1	10,89	11,69	13,47	15,21	18,51	22,41	25,39	26,22	23,08	19,61	14,64	12,27
	P 2	10,35	11,5	13,12	14,37	18,36	21,56	25,38	26,59	23,06	19,12	15,36	12,57
	P 3	11,18	11,78	13,66	15,65	18,59	22,87	25,39	26,02	23,08	19,87	14,25	12,09

Source : ONM Mostaganem.

Avec

- P1 : Première période 1989-2008 ;
- P2 : Deuxième période 1989-1995 ;
- P3 : Troisième période 1996-2008 ;

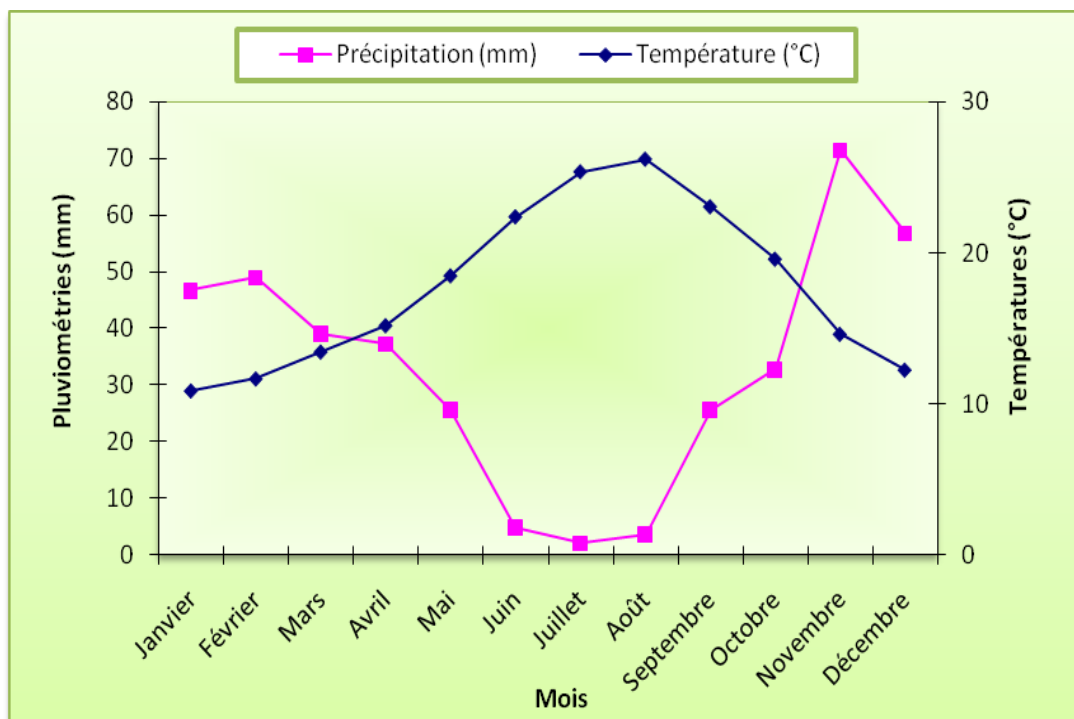


Figure IV.34. Diagramme pluviothermique de la station de Mostaganem ; Période (1989-2008).

P1 : Première période 1989-2008.

Nous constatons qu'à Mostaganem pour cette phase, la période excédentaire, s'étale de mi-October Jusqu'à mi- Mars, Tandis que la période déficitaire ou sèche s'étale du début Avril à mi-October (Benaïcha,2010).

- P2 : Deuxième période 1989-1995 (**figure 35**)

Le diagramme pluviométrique montre que la période humide s'étale de mi-Octobre jusqu'à début Avril. Du début Avril à mi-Octobre c'est la période sèche (ONM Mostaganem).

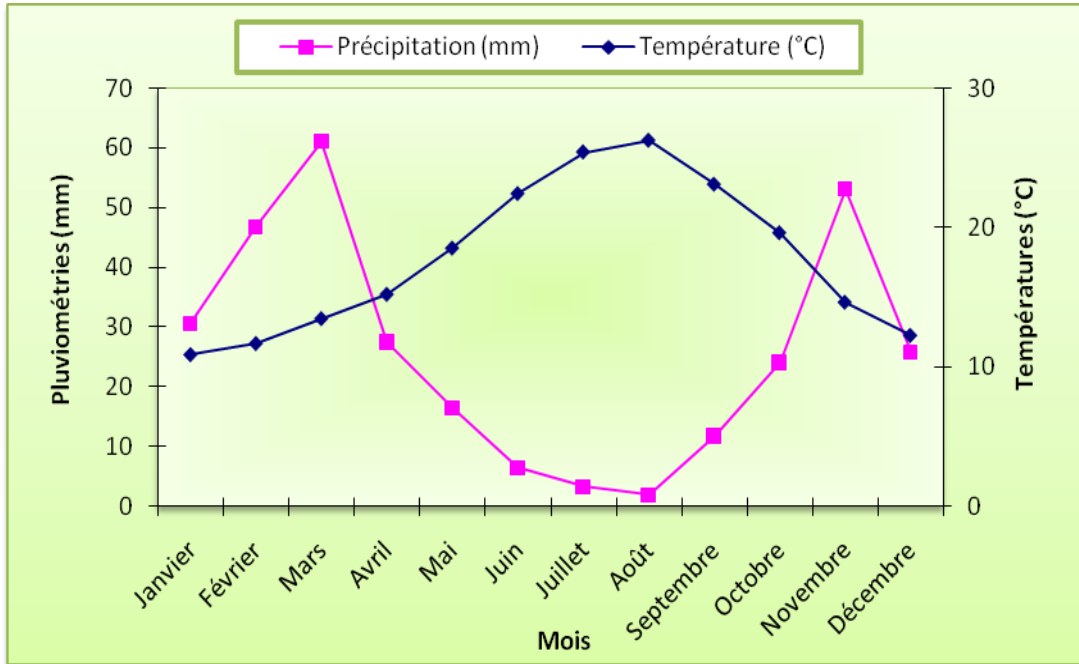


Figure IV.35. Diagramme pluviométrique de la station de Mostaganem ; Période (1989-1995).

- P3 : Troisième période 1996-2008 (**figure36**)

La période déficitaire ou sèche s'étale de mi-Février à mi-Octobre. La période excédentaire où Humide, s'étale de mi- Octobre jusqu'à mi-Février (Benaicha,2010).

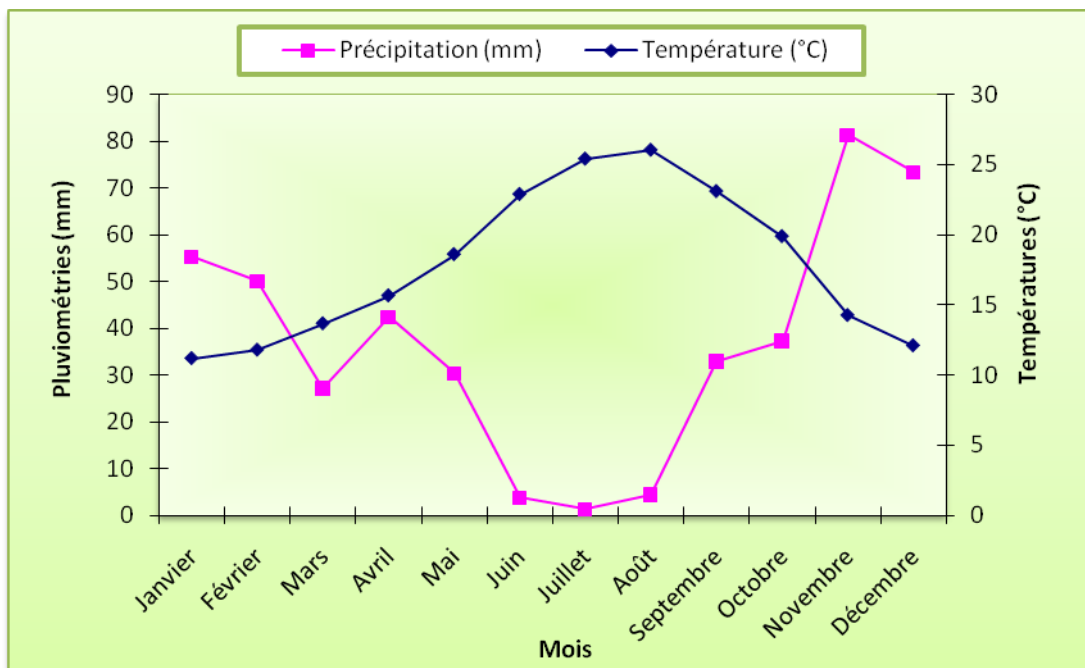


Figure IV.36 Diagramme pluviométrique de la station de Mostaganem ; Période (1996-2008).

➤ **Méthode des courbe ombrothermique : Méthode d'Euverte**

Les graphiques ombrothermique sont établis en adoptant une progression linéaire pour l'échelle Des températures et une progression logarithmique pour l'échelle des précipitations.

L'examen d'un tel graphique permet de déterminer (Philippe M., 2008) :

- ✓ La période de végétation active.
- ✓ L'intensité des phénomènes du déficit ou d'excédent.

Une expression chiffrée de cette intensité est donnée mensuellement par le rapport P/T, les variations de ce rapport permettent de définir trois types de périodes (tableau 25)

(Benaïcha,2010) :

- Période très sèche : Euméditerranéenne : $P/T < 1$; dans notre cas, et pour les trois périodes, en Juin, Juillet, Août (Philippe M., 2008).
- Période sèche : Subméditerranéenne : de laquelle $1 < P/T < 2$;
 - Période 1989-2008 : En Mai, Septembre, Octobre ;
 - Période 1989-1995 : En Mai, Septembre ;
 - Période 1996-2008 : Aucun mois ;
- Période humide : ou à tendance océanique : $P/T > 3$ (Benaïcha,2010) ;
 - Période 1989-2008 : En Janvier, Février, Novembre, Décembre ;
 - Période 1989-1995 : En Février, Mars, Novembre ;
 - Période 1996-2008 : En Janvier, Février, Octobre, Novembre, Décembre

Tableau IV.32. Les valeurs P/T : Station de Mostaganem ; pour les trois périodes étudiées.

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembr	Octobre	Novembr	Décembr	
P/T	P1	4,28	4,18	2,90	2,44	1,38	0,21	0,08	0,14	1,11	1,67	4,88	4,62
	P2	2,96	4,52	5,89	2,66	1,60	0,63	0,32	0,19	1,15	2,33	5,13	2,50
	P3	4,95	4,48	2,43	3,79	2,72	0,34	0,12	0,40	2,95	3,34	7,28	6,57

Source : ONM Mostaganem.

Avec

- **P1** : Première période 1989-2008 ;
- **P2** : Deuxième période 1989-1995 ;
- **P3** : Troisième période 1996-2008 ;

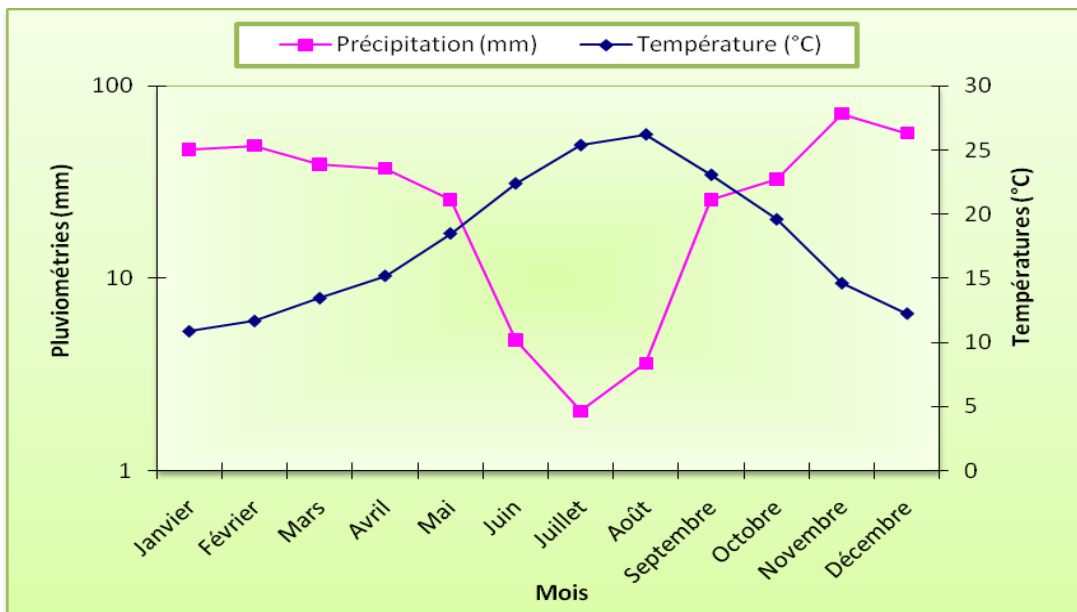


Figure IV.36. Diagramme Ombrothermique de la station de Mostaganem ; Période (1989-2008).

- **P1** : Première période 1989-2008 (**figure 36**)

Les points d'intersection des deux courbes déterminent les périodes où les besoins en eau sont satisfaits. Lorsque la courbe des températures passe au-dessus de la courbe des précipitations, on est dans une période déficitaire qui dans notre cas s'étend de début Mai jusqu'à environ mi-Septembre. Par contre dès que la courbe des précipitations passe au-dessus de celle des températures, la période correspondante est excédentaire, cela se produit de mi-Septembre à début Mai (Philippe M., 2008).

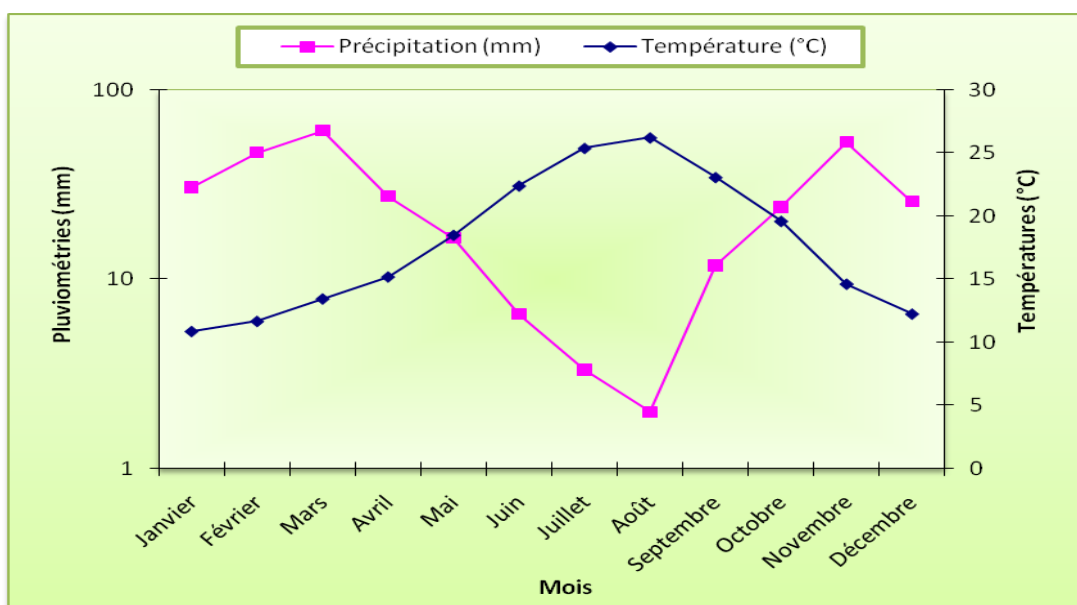


Figure IV.37. Diagramme Ombrothermique de la station de Mostaganem ; Période (1989-1995).

- **P2** : Deuxième période 1989-1995 (**figure 37**).

La période sèche s'étend du début Mai jusqu'à fin Septembre, la période humide s'étale du début Octobre au début Mai (Samir A., 2009).

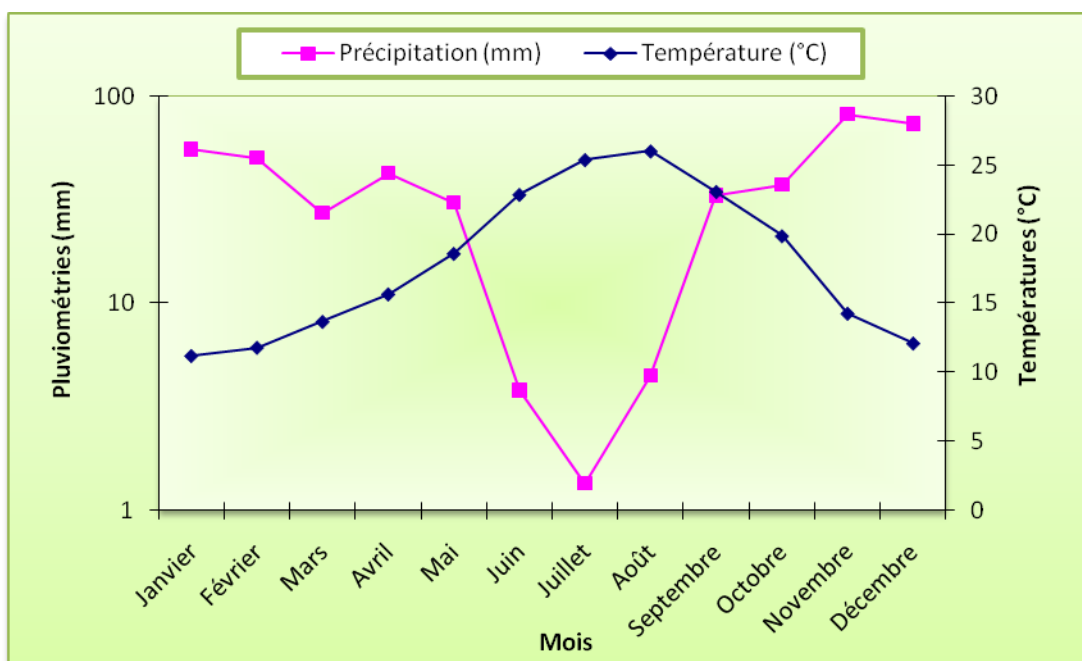


Figure IV.38. Diagramme Ombrothermique de la station de Mostaganem ; Période (1996-2008).

- **P3** : Troisième période 1996-2008 (**figure 38**).

D'après ce diagramme nous remarquons une période sèche qui s'étend du début Mai au début septembre, alors que la période humide qui s'allonge du début Septembre à début Mai. (Benaïcha,2010).

Conclusion sur le climat de Mostaganem

A l'échelle mensuelle, la méthode des courbes pluviothermique pour les trois périodes intéressées par notre étude montre que (Benaïcha,2010) :

- **1989-2008**

La période déficitaire allant de début Avril jusqu'à mi-October soit (6mois), et la période excédentaire s'allongeant de mi-October à mi-Mars soit (Benaïcha,2010).

- **1989-1995**

De mi-October au début Avril c'est la période humide soit (6mois), la période sèche s'étale du début Avril à mi-October (Benaïcha,2010).

- **1996-2008**

La période excédentaire s’allonge de mi-Octobre à mi-Février, de mi-Octobre à mi-Février c’est La période sèche (8mois) (Benaïcha,2010).

IV.1.2. Analyse climatique

IV.1.2.1. Les stations pluviométriques intéressant le secteur d'étude

Notre zone d'étude comporte quatre stations pluviométriques. Elles se trouvent sur le synclinal de Bouguirat et proches du village d’el Ghomri, du village de Hillil et du Bled Touahria. Les coordonnées et les caractéristiques des stations sont mentionnées sur le tableau (Benaïcha,2010).

Tableau IV.33. Les coordonnées et les caractéristiques des stations.

Station	latitude	longitude	Altitude (m)	Paramètres étudiés	Période d'observation
Bouguirat	279,3	275,0	90 m	P et T	1942-1962 1990-2000
Nouvion	274,4	268,2	60 m	P	P: 1948-1962
L'Hillil	288,8	272,0	120 ml	P	P: 1947-1990 1990-2000
Bled Touahria	277,0	284,6	132 m	P	P : 1990-2000

i. Les précipitations

a. Les précipitations mensuelles

- **Station de Bouguirat**

Nous disposons de deux (2) séries de mesures enregistrées à la station de Bouguirat, l'une pour la période (1942-1962), l'autre plus récente (1990-2000) (Benaïcha,2010).

- Période (1942-1962) soit 20 ans

Tableau IV.34. Les variations des précipitations mensuelles : Station de Bouguirat ; Période (1942-1962).

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Année
P (mm)	71,1	39,8	32,6	66,5	23,7	4,1	-	0,8	16,5	39,7	36,8	69,1	400,7

Source : Station de Bouguirat.

Le module pluviométrique moyen annuel est de 400,7 mm.

- Période récente (1990-2000) soit 10 ans

Tableau IV.35 Les variations des précipitations : Station de Bouguirat ; Période (1990-2000).

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Année
P(mm)	44,1	45,7	34,6	35,3	20,2	8,1	1,7	1,7	17	27	55,7	37	328,2

Source : Station de Bouguirat.

Le module pluviométrique moyen annuel est de 328,2 mm.

L'examen des données des précipitations pour la période (1990-2000) de la station de Bouguirat montre que les mois de Janvier, Février et Novembre sont les plus pluvieux et les mois de Juillet et Août sont les plus secs (Sabrina M., 2008).



Figure IV.39 Répartition des précipitations mensuelles : Station de Bouguirat ; pour les deux périodes : Ancienne (1942-1962) et récente (1990-2000).

En comparant les deux courbes (**figure 39**) représentant les deux périodes de (1942-1962) et de la nouvelle (1990-2000), on constate que les précipitations ont nettement diminué au cours du temps (Sabrina M., 2008).

- **Station d'el Ghomri (Nouvion)**

Nous avons pu disposer des mesures de 1948 à 1962 à la station d'el Ghomri (**tableau 36**).

- Période (1948-1962) soit 14 ans (Benaicha,2010).

Tableau IV.36. Les variations des précipitations : Station d'el Ghomri ; Période (1948-1962).

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Année
P (mm)	63,8	48,3	33,5	32,6	17,1	6,5	-	0,4	11,5	40,4	48,7	55,6	358,4

Source : Station d'el Ghomri.

Le module pluviométrique moyen annuel est de 358,4 mm.

Les mois les plus pluvieux sont : Décembre et Janvier.

Les mois les plus secs sont : Juillet et Août (Benaicha,2010).

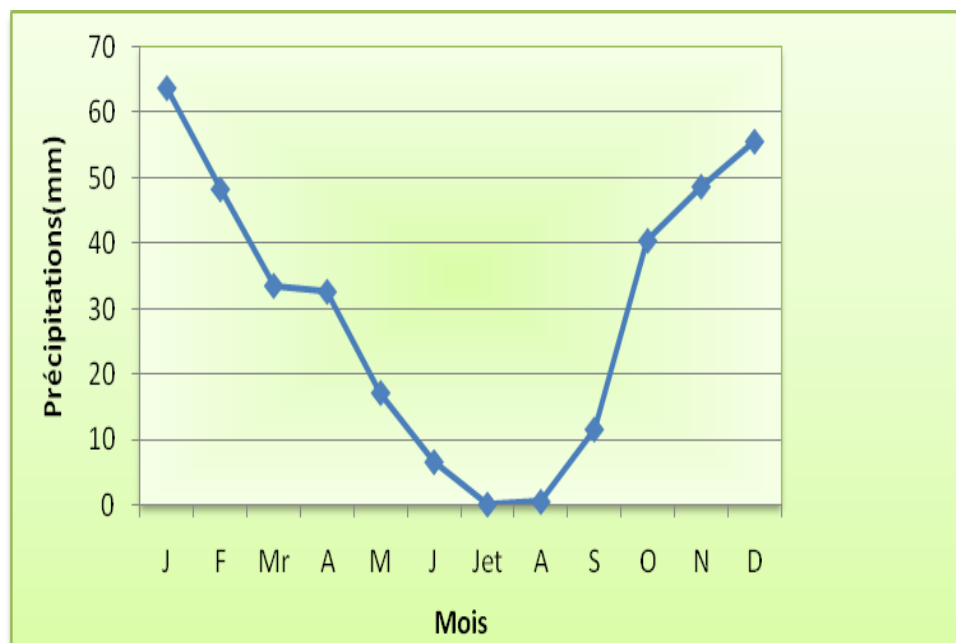


Figure IV.40. Répartition des précipitations mensuelles : Station de Nouvion ; période (1948-1962).

- **Station de l'Hillil :**

- Période (1947-1990)

Tableau IV.37. Les variations des précipitations : Station de l'Hillil ; Période (1947-1990).

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Année
P (mm)	56,3	49,2	40,8	40,6	34,3	9,7	0,9	2,4	12,1	34,6	43,2	59,4	383,5

Source : Station de l'Hillil.

Le module pluviométrique annuel est : 383,5 mm.

- Période (1990-2000)

Tableau IV.38. Les variations des précipitations : Station de l'Hillil ; Période récente (1990-2000).

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Année
P (mm)	40	42,3	38,2	37,1	19,3	3,5	2,6	2,2	16,5	30,1	47	34,5	313,3

Source : Station de l'Hillil.

Le module pluviométrique moyen annuel est : 313,3 mm

Les mois les plus pluvieux sont : Janvier, février, et Novembre.

Les mois les plus secs sont : Juin, Juillet et Août

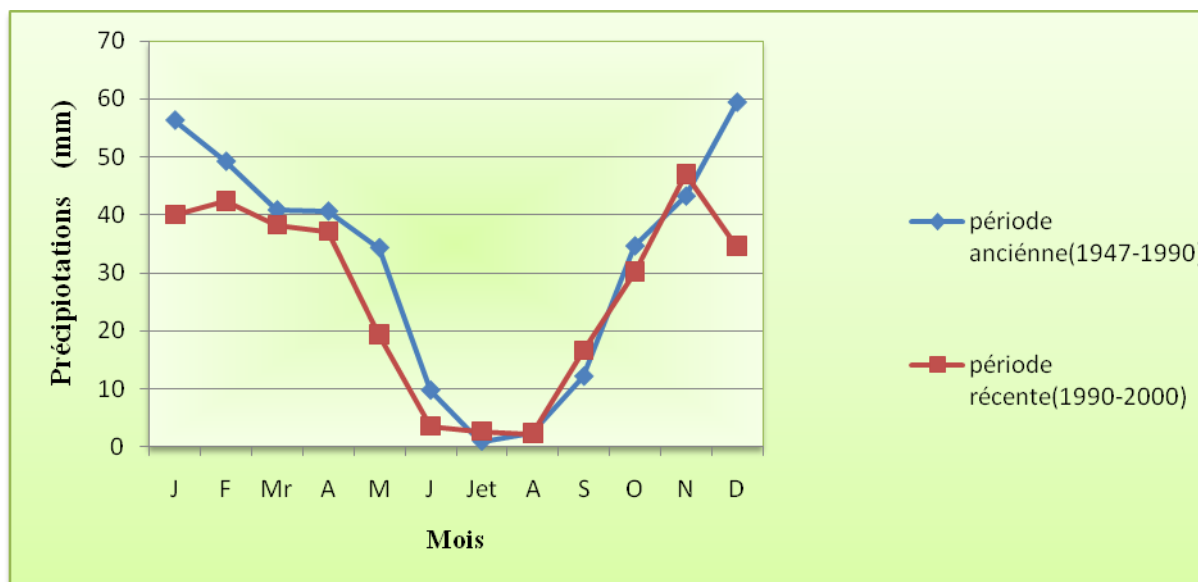


Figure IV.41. Répartition des précipitations mensuelles : Station de l'Hillil ; Pour les deux périodes : Ancienne (1947-1990) et récente (1990-2000).

On constate d'après la figure 56 ; que les précipitations ont connues une nette diminution.

- **Station de Bled Touahria**
- Période (1990-2000)

Tableau IV.39. Précipitations mensuelles : Station de Bled Touahria ; Période (1990-2000).

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Année
P (mm)	45,7	44,6	36,8	31,1	19,6	2,4	1,4	1,5	14,2	28,4	50,2	33,7	309,6

Source : Station de Bled Touahria.

Le module pluviométrique moyen annuel est : 309,6 mm.

Les mois les plus pluvieux sont : Janvier, février et Novembre.

Les mois les plus secs sont : Juin, Juillet et Août.

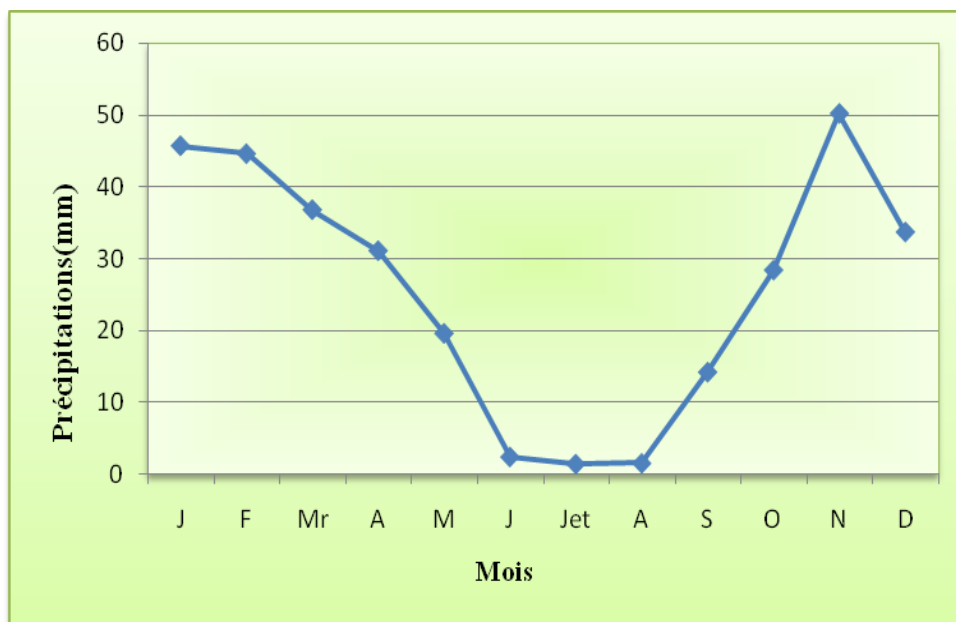


Figure IV.42. Répartition des précipitations mensuelles : Station de Bled Touahria ; Période (1990-2000).

B. Les variations des précipitations saisonnières

Ces variations sont regroupées dans le tableau 35 suivant :

Les saisons sont réparties comme suit (Benaïcha,2010) :

- Automne (Septembre, Octobre, novembre).
- Hiver (Décembre, Janvier, Février).
- Printemps (Mars, Avril, Mai).
- Été (Juin, Juillet, Août).

Les résultats montrent que l'Hiver est la saison la plus pluvieuse, exception faite pour Hillil où le maximum pluvial se placerait au Printemps (Serge P., 2006).

Tableau IV.40 Les variations des précipitations saisonnières

Stations	Moyenne saisonnière	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Indice saisonnier
Bouguirat	mm %	99,7 30,4	126,8 38,64	90,1 27,46	11,5 3,50	H.A.P.E
Nouvion	mm %	100,6 28,07	167,7 46,79	83,2 23,21	6,9 1,92	H.A.P.E
L'Hillil	mm %	93,6 29,86	116,8 37,26	94,6 30,18	8,3 2,65	H.P.A.E
Bled Touahria	mm %	92,8 29,97	124 40,05	87,5 28,26	5,3 1,71	H.A.P.E

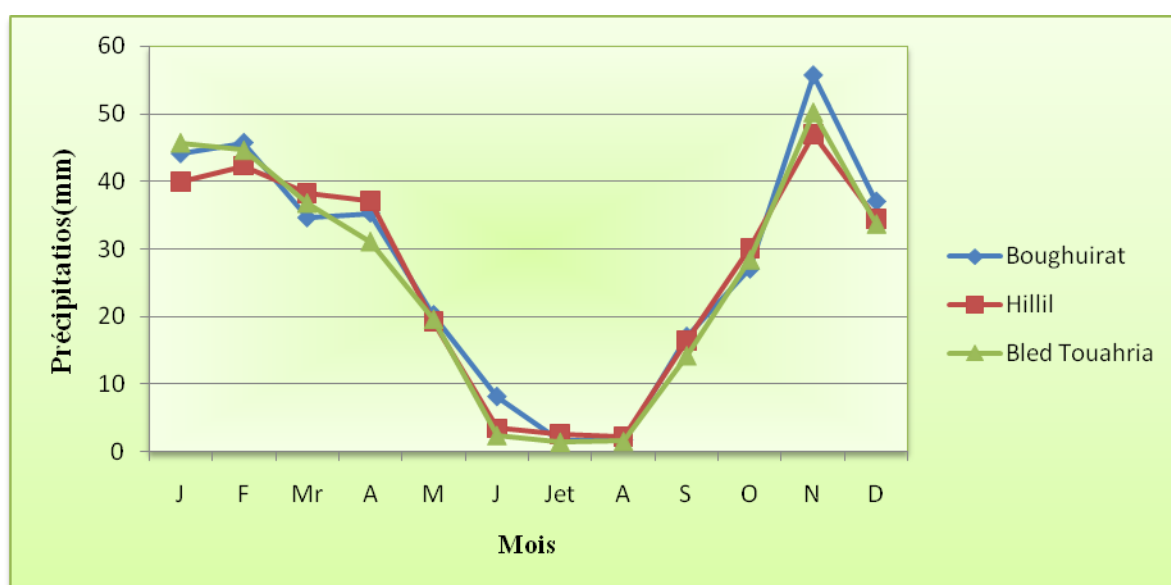


Figure IV.43. Répartition des précipitations mensuelles pour les stations, (Bouguirat, Hillil, Bled Touahria).

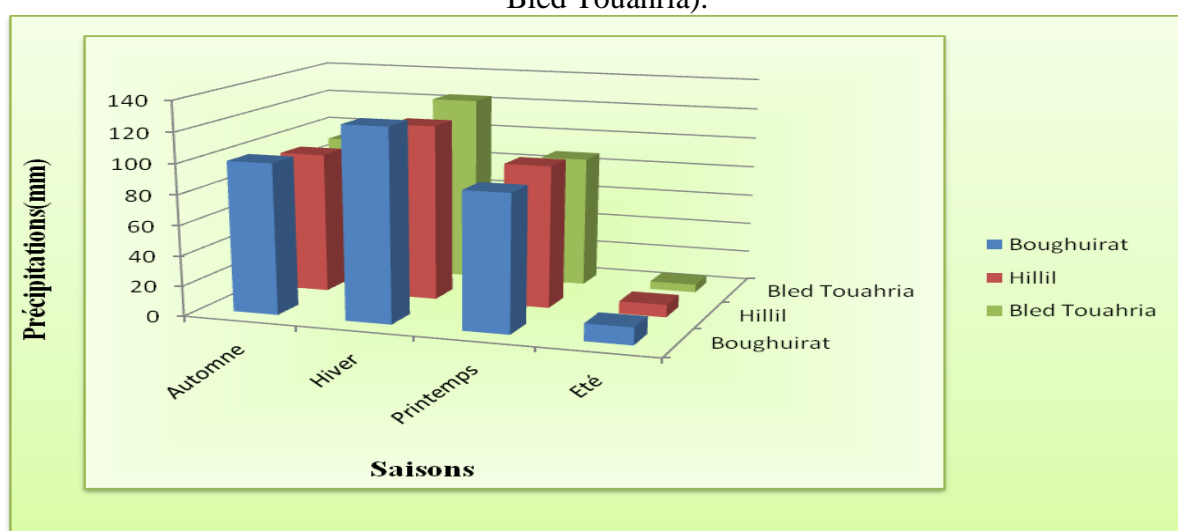


Figure IV.44. Histogramme des précipitations saisonnières pour les trois stations (Bouguirat, Hillil, Bled Touahria).

b. Les précipitations annuelles

Les valeurs des précipitations annuelles des trois stations d'étude pour la période allant de 1990 à 2000 sont représentées dans le tableau 36 (Benaïcha,2010).

Tableau IV.41. Précipitations moyennes annuelles pour les trois stations (Bouguirat, Hillil, Bled Touahria) : Période (1990-2000).

Station \ Année	Bouguirat	Hillil	Bled Touahria
1990	372,0	358,1	369,5
1991	259,8	293,7	298,9
1992	208,1	207,6	209,0
1993	220,9	230,2	233,2
1994	209,0	196,4	187,8
1995	512,4	478,0	415,9
1996	243,0	249,6	261,1
1997	352,2	314,0	292,6
1998	271,7	265,3	250,4
1999	208,8	166,4	174,2
2000	383,5	373,9	402,7
Moyenne sur 11 ans	294,67	284,84	281,39

La figure 45 visualise l'évolution de la pluviométrie annuelle sur une période moyenne pour ces trois stations (Sénat., 2002).

Les courbes de variations interannuelles des précipitations représentent globalement la même allure. Nous remarquons que l'année 1999-2000 est particulièrement déficitaire par rapport aux autres et alors que l'année 1995-1996 est la plus pluvieuse par rapport aux autres (Benaïcha,2010).

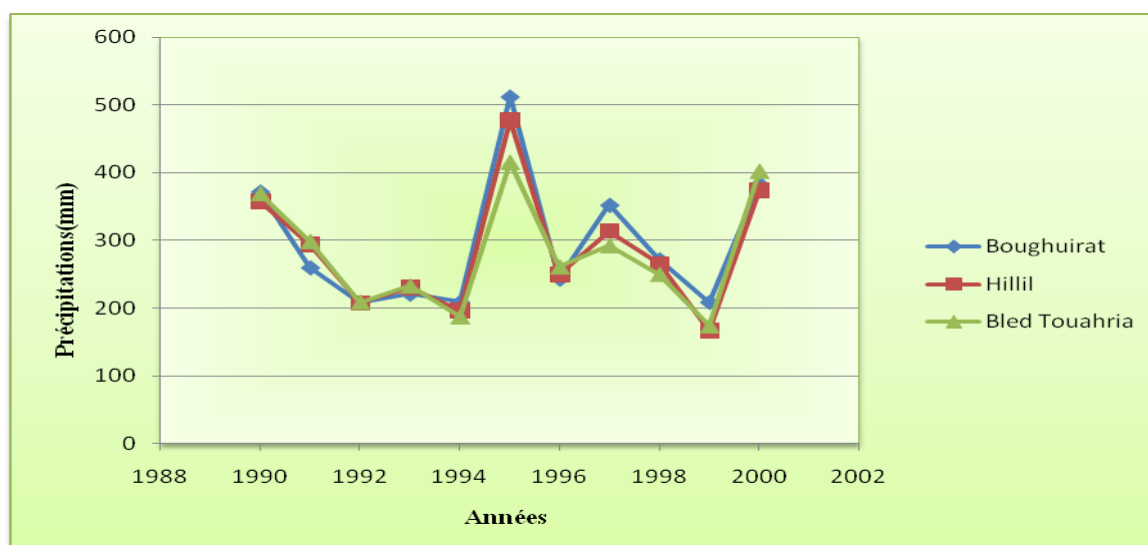


Figure IV.45. Répartition des totaux annuels des précipitations pour les trois stations (Bouguirat, Hillil, Bled Touahria) ; Période commune (1990-2000).

ii. Température

Elle constitue avec les précipitations un paramètre majeur qui permet de définir le climat d'une région. Pour notre secteur d'étude, la station de Bouguirat est la seule où nous avons pu disposer d'une série de mesures de ce paramètre pendant une décennie (période de 1990-2000) (Benaïcha,2010).

- **Station de Bouguirat**
- **Période (1990-2000)**

Tableau IV.42. Les variations de température : Station de Bouguirat ; période (1990-2000).

Mois	m (c°) minimum	M (c°) maximum	M+m / 2 moyenne
Janvier	6,5	17,7	12,1
Février	6,7	18,6	12,6
Mars	8,3	20,9	14,6
Avril	10,2	22,8	16,5
Mai	14,4	26,4	20,4
Juin	18	30,2	24,1
Juillet	21	34	27,5
Août	22,2	35,3	28,7
Septembre	19,5	31,1	25,3
Octobre	15,9	26,2	21,1
Novembre	10,9	21,7	16,3
Décembre	8,2	18,8	13,5
Moyenne annuelle	13,5	25,3	19,4

Source : Station de Bouguirat

D'une manière générale le minimum apparaît en Janvier (12,1 C°) alors que le maximum Apparaît en Août (28,7 °).

Le tracé des courbes des variations des températures (**figure 46**) montre deux pôles extrêmes : un pôle froid correspondant aux mois des Décembre, Janvier et Février et un pôle chaud correspondant aux mois des Juillet et Août (Benaïcha,2010).

Ces courbes des températures mensuelles moyennes montrent une croissance régulière des températures de Janvier à Août, suivie d'une décroissance jusqu'à Décembre.

Le minimum et le maximum absolus se situent respectivement aux mois de Janvier (6,5°C) et Août (35,3°C) (MRE,2008).

La température moyenne annuelle est de : 19,4 °C.

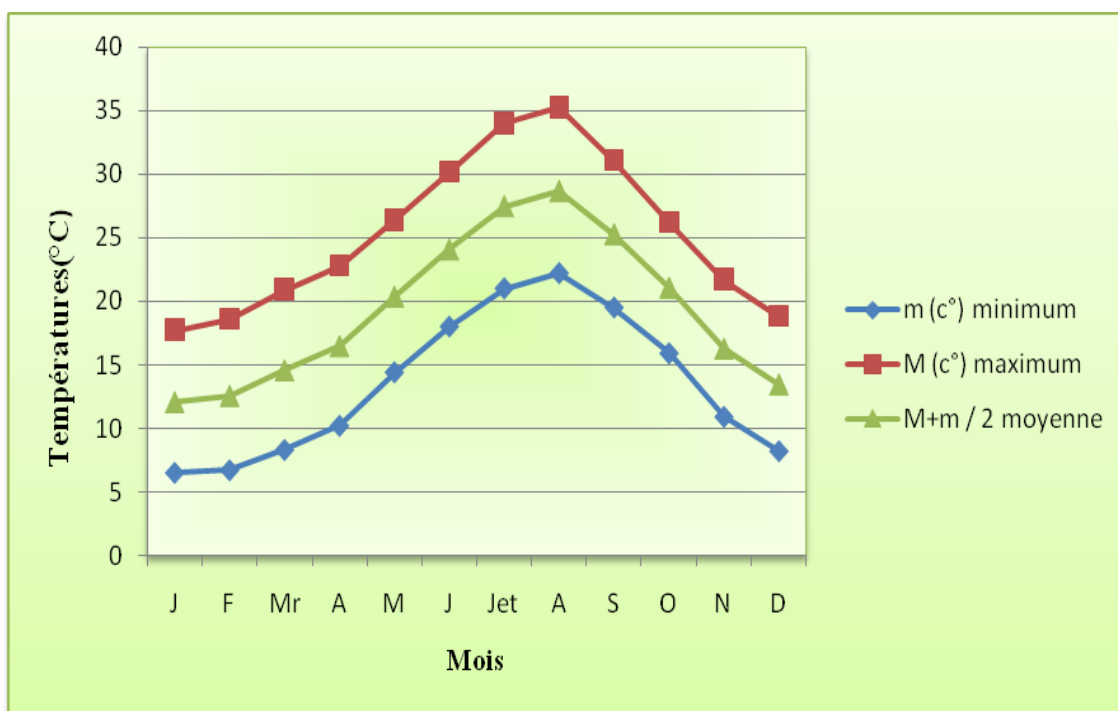


Figure IV.46. Températures moyennes mensuelles : Station de Bouguirat ; période (1990-2000)

iii. Le vent

C'est l'un des éléments les plus caractéristiques du climat. Nous disposons de données de mesures pour les périodes récentes où nous avons utilisé une série de 10 ans (1995-2005).

Les vents dominants sont de direction Nord et Nord Nord Ouest. Le tableau suivant montre la moyenne annuelle et mensuelle des maxima des vitesses du vent pour la période de 1995 à 2005 (Sirte., 2008).

Tableau IV.43. Moyennes annuelles et mensuelles des maxima des vitesses du vent (m/s) : Station de Bouguirat ; période (1995-2005).

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Moyenne annuelle
Vitesse de vent (m/s)	16,2	14,3	13,8	16,3	13,8	12,2	12,5	11,8	13,7	13	15	16,2	14,1

Source : Station de Bouguirat

Les mois les plus venteux de l'année sont Janvier, Avril, Novembre et Décembre (16,2 m/s) Avec une moyenne annuelle de 14,1 m/s (Benaïcha,2010).

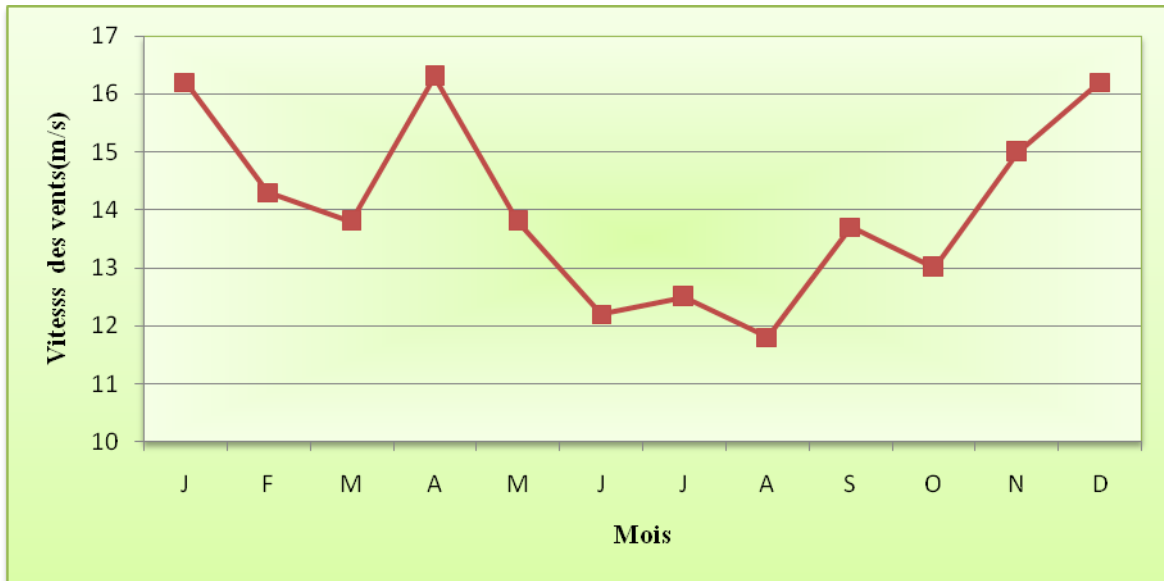


Figure IV.47. Variation des vitesses moyennes maximales mensuelles du vent (m/s) : Station de Bouguirat ; période (1995-2005).

iv. L'humidité

L'humidité relative correspond au rapport exprime en pourcentage de la tension de la vapeur réelle observée à la tension maximum correspondant à la même température (°C) (Yopadato., 2008).

Elle est donnée par la relation suivante :

$$H = 100 e / e_s.$$

e : tension de la vapeur réelle.

e_s : tension de la vapeur saturante.

Nous avons utilisé les mesures recueillies à la station de Mostaganem sur une période allant de 1990-2000 (10 ans), tableau 44 (Benaicha,2010).

Tableau IV.44. Moyenne annuelle et mensuelle d'humidité relative (%) : Station de Mostaganem ; Période (1990-2000).

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Moyenne annuelle
Hr (%)	77,7	77,9	76,4	70,7	71,2	70,1	69,2	68,4	71,8	75,6	77,4	77,7	73,7

Source : ONM Mostaganem.

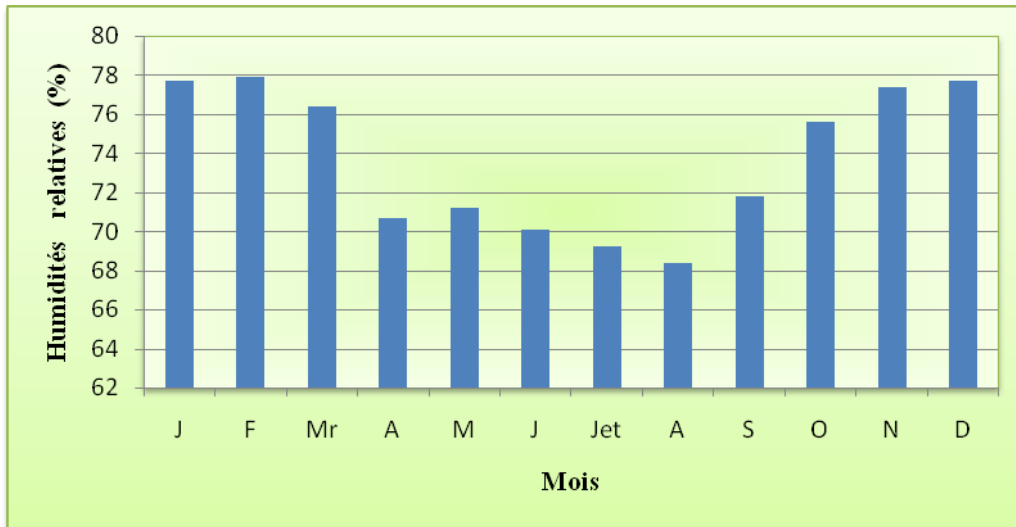


Figure IV.48. Histogramme d'humidité relative mensuelle (%) : Station de Mostaganem ; Période (1990-2000).

Nous remarquons que l'humidité relative en Hiver est nettement élevée, avec un maximum correspondant aux mois Janvier, Février et Décembre (mois les plus humides $H_r = 77,9\%$), tandis que la moyenne annuelle est de $73,7\%$ (Yopadato., 2008).

La figure 48 montre l'histogramme de variation d'humidité relative mensuelle pour une période de 1990 à 2000 (Benaïcha,2010).

v. Evaporation

Nous disposons des mesures de l'évaporation à la même station sur une période de dix ans (1990-2000) (Benaïcha,2010).

Tableau IV.45. Les valeurs d'évaporation moyennes mensuelles (%) : Station de Mostaganem ; Période (1990-2000).

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Année
Evap (mm)	75,5	59,6	86,8	110,1	126,9	141,3	169,4	164,6	138,7	100,6	78,2	77	1328,7

Source : ONM Mostaganem.

L'évaporation totale annuelle est de $1328,7\text{ mm}$. Le maximum apparaît en Juillet et Août ($169,4\text{ mm}$) tandis que le minimum apparaît en Février ($59,6\text{ mm}$). Cette évaporation est surtout importante pendant les heures ensoleillées (Yopadato., 2008).

La sécheresse de l'air et les fortes températures entraîne en été une évaporation intense.

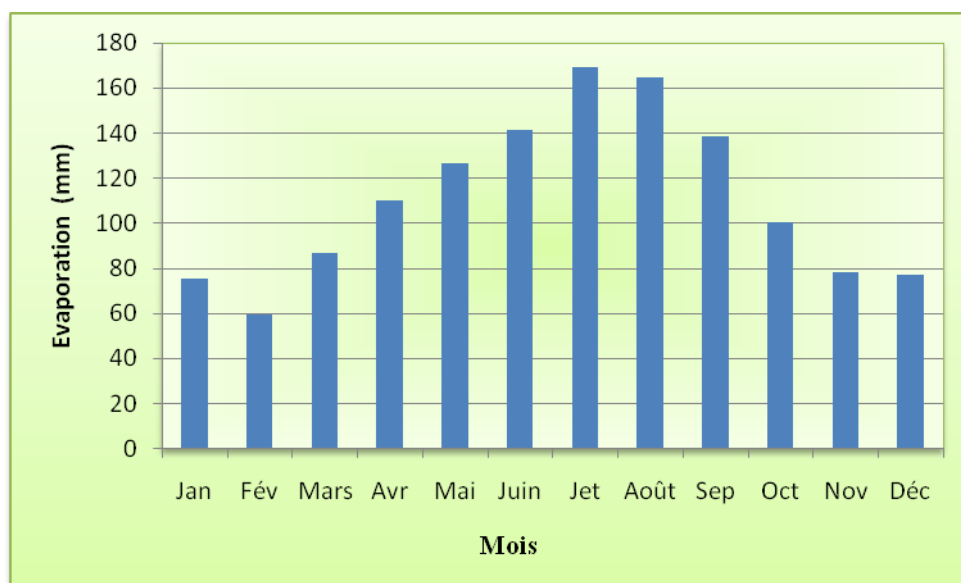


Figure IV.46. Evolution de l'évaporation moyenne mensuelle (%) : Station de Mostaganem ; Période (1990-2000)

➤ Actualisation des données

Dans les figures 47 nous allons montrer l'effet des changements climatiques marqué par la hausse des températures et un grand déficit de la pluviométrie (**MRE 2008-2022**) :

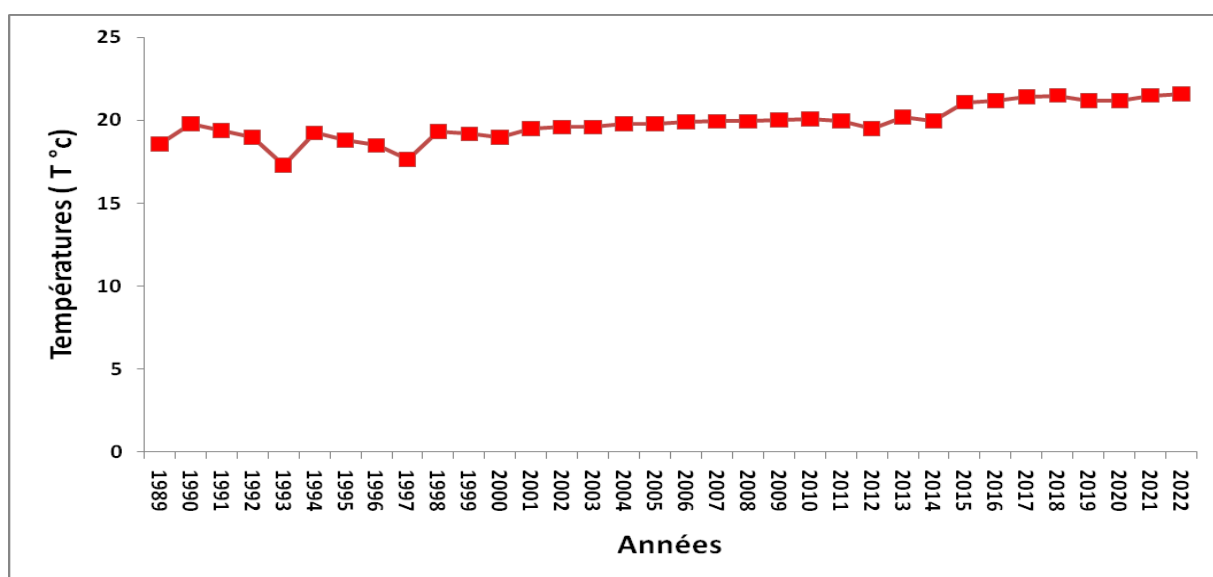


Figure IV.47. Evolution des températures annuelles de Mostaganem (Période : 1989-2022).

Source :(**MRE 2008-2022**).

D'après la figure IV.47 , nous constatons une hausse des températures annuelles au cours des années, la température qui était seulement de 17 °C durant les années 80/90 , elle a augmenté pour aboutir jusqu'à 21.6 en 2022 , nous avons enregistré une moyenne annuelle de 19.83 °C avec un max de 21,6 °C en 2022 et un min de 17,3 °C , en ce qui concerne l'échelle des températures , l'augmentation de la température annuelle de presque de 4°C dans une période de 33 ans , C' est une grande augmentation, il faut tirer la sonnette d'alarme , c'est ce qu' a causé la sècheresse ces dernières années conséquence des changements climatiques et du réchauffement climatiques (Benaicha,2010). .

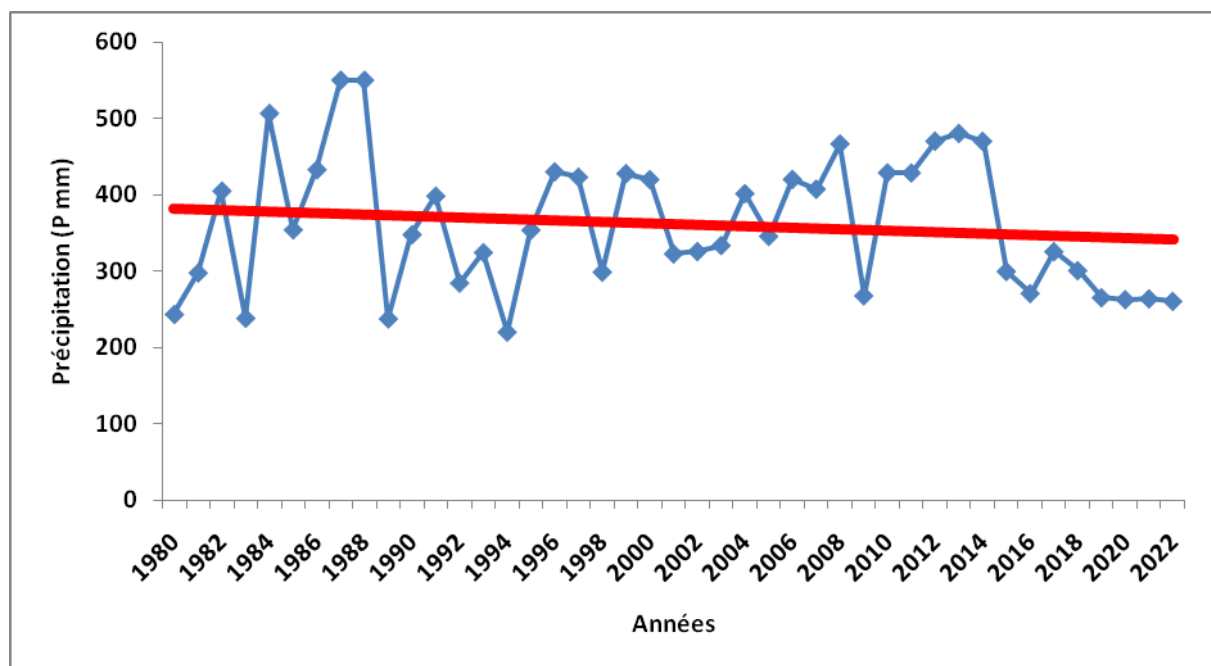


Figure IV.48 : variation des précipitations annuelles de Mostaganem (Période : 1989-2022).

Source : (MRE 2008-2022).

D'après la figure IV.48 , nous constatons une diminution alarmante des précipitations annuelles au cours des années, les précipitations qui était de 500 à 600 mm durant les années 70/80 ont diminuée pour aboutir à seulement 200 mm ces dernières années , avec une moyenne annuelle de 361 , 89 mm , un max de 550, 60 en 1987 et un min de 219, 8 en 1994 , la diminution des précipitations est très nette et distinctes , C' est un grand déficit concernant les précipitations causée par les changements climatiques et le réchauffement climatiques (Benaicha,2010).

IV.2. Analyse hydrogéologique et fluctuation des eaux souterraines

Au sud de la Wilaya de Mostaganem et d'après le découpage des unités hydrogéologiques, L'unité hydrogéologique à laquelle il appartient le synclinal de Bouguirat est : La Portion nord de la nappe de la plaine d'Habra appelé aussi plaine de Borjias » (ONU. 2002).

IV.2.1. Hydrogéologie

La zone étudiée est constituée de deux formations hydrogéologiques indépendantes paraissant continues sur une grande étendue (les sablo gréseux et le substratum marneux).

Ce sont les terrains sablo-gréseux du Calabrien, le plus souvent à ciment calcaire et parfois passant latéralement aux grésocalcaire ou calcaire lumachéliques, qui jouent le rôle de première importance comme aquifères (Atlas,2007).

Dans la partie Nord-Est de la zone, on observe la superposition favorable du Calabrien (parfois Villafranchien) couvrant l'Astien représenté par les grés plus fins et tendres, mais toujours relativement bien perméables. Aussi dans ces endroits où le cycle marin est remplacé par sa parallèle continentale d'une granulométrie et perméabilité analogue. En plus, les épaisseurs de tous ces terrains aquifères semblent devenir plus importantes dans ce secteur (Atlas,2007).

La qualité de l'eau souterraine se détériore soit localement près des affleurements sporadiques du substratum marneux imperméable, soit continuellement en aval de l'écoulement souterrain vers la ville de Bouguirat et la plaine d'el Habra. Une minéralisation considérable caractérisée par un résidu sec plus élevé entre Bouguirat et le village de Nouvion (Atlas,2007).

En général, la stratification est formée par un puissant complexe de sédimentation, presque partout continu à partir du miocène inférieur au Quaternaire (MRE 2008-2022).

On observe une lacune stratigraphique vers le Nord Est et deux cycles simultanés de sédimentation, c'est à dire marin et continental, depuis l'Astien. La subsidence marine est terminée par le Calabrien (Atlas,2007).

IV.2.2. Caractéristiques hydrogéologiques des aquifères

La détermination des Caractéristiques hydrogéologiques des aquifères est assurée d'une part, par l'analyse lithostratigraphique, (Benaïcha,2010) et d'autre part ; par la prospection géophysique qui permet de partir des forages réalisés d'identifier les horizons aquifères de la région étudiée.

IV.2.2.1. Les couches aquifères

On rencontre un seul aquifère principal dans la zone :

- l'aquifère comporte une nappe libre dans des niveaux détritiques du quaternaire et des grés calabriens et astien. Le substratum est composé par les marnes bleues (Benaïcha,2010).

En outre la nappe libre perchée des niveaux détritiques du quaternaire au niveau de l'anticlinal de Bouguirat (plaine d'el Merouane) (Atlas,2007).

i. Nappe libre des niveaux détritiques du quaternaire et des grés Astiens et Calabriens

La nappe libre s'étend sur toute la région est contenue dans les grés du pliocène continental et du villafranchien au niveau de la vallée de la Soif, et des niveaux détritiques du Quaternaire au Nord Est. Au niveau du synclinal de Bouguirat cette nappe est constituée par(Benaicha,2010):

- Sous la terre végétale et la carapace sable calcaire qui peut atteindre de 10 à 20 m d'épaisseur, l'aquifère est constitué par des alternances des niveaux argilo-gréseux ou argilo sableux vers le Nord – Est, les couches argileuses régressent, le faciès devient plus sableux (dunes et grés calabrien) la région alluviale, argileuse entre Nouvion et Bouguirat est marquée par une zone marécageuse (ANRH,2016).

La région de Safsaf où les affleurements des marnes imperméables sont près de la surface et la nappe est exploitée par des puits relativement nombreux et peu profonds.

- La nappe principale des grés calabriens et astiens (MRE 2008-2022) :

Les grés astiens et calabrien sont assez perméables et reforment une nappe de bonne qualité et constituent le principal réservoir, ces grés affleurent sur les flancs de la montagne de Bel Hacel et de la forêt domaniale de l'Akboube. Les grés ont une texture très favorable à l'infiltration et devraient renfermer par conséquent, une nappe significative L'épaisseur de ces grés est de l'ordre de 100 m, dans le versant de la vallée de la Soif. En générale l'épaisseur de la nappe est faible à très faible dans les zones d'alimentation au Nord Est (ANRH,2016).

Les formations quaternaires argileuses mettent généralement en charge la nappe des grés (MRE 2008-2022).

Le forage de Bouguirat (1539 F4) a montré qu'il existe en ce point :

- Un quaternaire épais de 165 m, argilo-sableux et peu perméable (Benaicha,2010).
- Des grés astiens et calabriens rencontrés de 165 à 288 m. Ces grés sont beaucoup plus perméables que le quaternaire (ANRH,2016).

Le forage de Nouvion (1972 F4) a montré qu'il n'y a pas de différence importante entre les couches rencontrées ici et dans le forage de Bouguirat. Seules les profondeurs varient par suite d'un rapprochement des affleurements vers le Djbel ed Djir (Benaicha,2010).

ii. Nappe perchée des niveaux détritiques (plaine d'el Merouane)

On rencontre une seule nappe, libre, contenue dans les niveaux détritiques du Quaternaire (dunes, sable récents et grés calabrien) (ANRH,2016).

La géométrie de la nappe est marquée par la géologie et la topographie. La nappe se trouve sur l'anticlinal de Bouguirat (à la limite du synclinal) et pour cela elle forme une nappe perchée en comparaison des nappes dans les régions voisines. La cote du point d'eau varie de 164 m au N-E et de 144 m au S-W (Banque Mondiale., 2009).

La puissance de l'aquifère varie entre 30 et 60 m, sa constitution correspond aux couches dans la zone septentrionale du synclinal de Bouguirat, la profondeur du plan d'eau au centre de l'ordre 2 à 6 m vers la bordure S-E elle augmente et atteint même de 50 m (Benaicha,2010).

IV..2.3. Caractéristiques hydrodynamiques

Ce travail dépend de la mesure des niveaux piézométriques et leur report sur la carte topographique (Benaicha,2010)..

Les courbes équipotentielles joignent tous les points de même cote piézométrique. L'équipe chargée de la surveillance des nappes aquifères (A.N.R.H) a réalisé une campagne piézométrique en 1975 (Banque Mondiale., 2009).

Une nouvelle campagne a été accomplie en 2006 par l'étudiant" Djelti I" et son équipe ; Les points d'eau (puits, forage) qui ont fait l'objet d'observation dans cette campagne piézométrique sont au nombre de 75, bien réparties dans le synclinal, (figure 65) et le tableau X à l'annexe.

Au cours de leurs campagnes de travail sur le terrain, ils ont pu constater l'existence de types de puits (Banque Mondiale., 2009) :

- Des puits ordinaires sur lesquels ils ont pris des mesures de la cote de l'eau. Ils captent presque tous la nappe libre, 34 puits sont utilisables, alors que certains sont soit transformés en puits perdus ou alors comblés par terre suite à la sécheresse.
- Des puits sondés : ces puits sont très abondants dans notre secteur d'étude (plus de 50 puits) (Banque Mondiale., 2009).

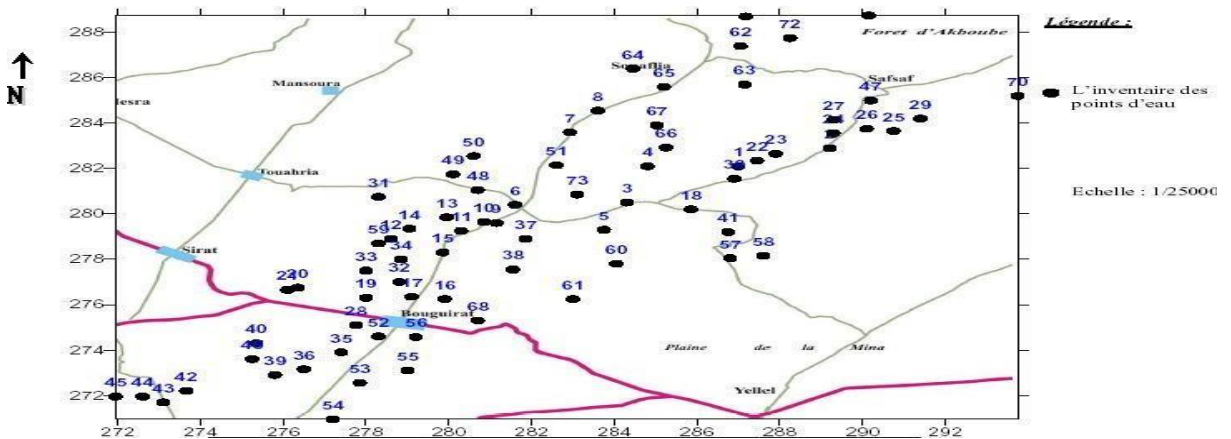


Figure IV.49. Carte d'inventaire des puits à travers le synclinal de Bouguirat

(Benaicha,2010).

IV.2.3.1. Comportement hydrodynamique de la nappe

i. Carte piézométrique (1975)

La carte piézométrique de l'année 1975 a été établie par MM. Maralent et Boulouta. L'allure de la piézométrie est quasiment la même que celle de la carte actuelle. La direction générale de l'écoulement est Nord Est vers Sud-Ouest. Les principaux axes de drainage sont de direction N-E et S-W au sens de direction du synclinal (ANRH,2017).

Les lignes de courant convergent vers le centre du synclinal. Dans la zone de N-E, le gradient hydraulique est plus élevé que la région S-W. Nous en déduisons une diminution par rapport à la piézométrie actuelle. Le changement du gradient est au Sud d'ain Kichoua, c'est la zone la plus favorable pour l'exploitation des eaux souterraines (ANRH,2017).

La variation du niveau statique de la nappe phréatique, observé entre l'étiage et la crue est même que la période récente (2006), dans la région méridionale et au N-E, la différence est de l'ordre de 0,40 m, elle devient plus faible à cause que la pluie tombée jusqu'à Avril était insuffisante pour constituer une réserve d'eau. Le sous versant de Ain Madar est limité au Sud Est par la région d'Ouled Chafaa – djebels Fernana et s'étend vers le Nord jusqu'à Djebel Yazzira. Pour les deux campagnes piézométriques de 1975 et 2006, les zones d'alimentation de la nappe sont formées par les djebels ou bombement affectant le synclinal du Nord-Est (N-E) et de l'Ouest (W) (ANRH,2017).

Les conditions hydrogéologiques de ce sous – versant sont relativement simple. Le substratum est généralement masqué par des grés calabriens et des sables dunaires cet ensemble très perméable forme une cuvette plus ou moins nette dans laquelle les eaux s'accumulent et s'écoulent en suite selon la direction des axes tectoniques. Puis un double effet d'une remontée de substratum et de l'érosion, les marnes affleurent et les eaux sourdes (GEUTIER, 1994).

ii. Carte piézométrique (2006)

Pour suivre l'écoulement de la nappe au niveau du synclinal de Bouguirat et à partir des données recueillies sur le terrain, l'étudiant" Djelti I » et son équipe ont dressés la carte piézométrique, par la méthode de « Krigeage » en utilisant le logiciel « surfer » (Benaicha,2010) .

Sur la carte piézométrique, la forme et l'allure des courbes isopièzes, nous permettent de préciser les principales directions des eaux souterraines et leurs axes de drainage.

L'écoulement global des eaux de la nappe suivant une direction Nord Est vers Sud-Ouest un écoulement secondaire de Nord Est et de Nord-Ouest. Il existe un axe de drainage principal du Nord Est vers Sud-Ouest (José F., 2006).

Les lignes de courant sont généralement convergentes vers la ville de Bouguirat. La présence

D'un dôme piézométrique qui correspond à la zone d'alimentation de la nappe est constituée par les différents reliefs ou bombement affectant le synclinal au Nord Est et l'Ouest, représentée par des grès calabriens, avec un écoulement principal correspond à la direction des structures du synclinal (José F., 2006).

La carte piézométrique donne une image satisfaisante du niveau piézométrique et de la direction d'écoulement des eaux, dans la zone N-E qu'elle présente un dôme piézométrique où répartie la majorité des puits ordinaires le gradient hydraulique est plus élevé que dans la région Sud-Ouest à cause de pompage intensif au niveau des puits sondés, donc elle représente une dépression. Vers le Nord-Ouest et le Nord Est et Sud-Ouest nous observons une ligne de partage des eaux qui correspond à un axe divergent (José F., 2006).

La variation du niveau statique de la nappe phréatique observée entre la période de l'étiage et la crue n'est pas très importante dans notre région et le sens d'écoulement reste lui-même. Le bloc diagramme de la figure 50 nous permet de bien visualiser l'allure de la surface piézométrique (Benaïcha,2010).

iii. Fluctuation de la nappe

A partir de la carte piézométrique établie en 1975 (Juillet 1975) et celle qui a été tracée en 2006(Septembre2006), nous avons estimé le rabattement de la surface de la nappe en quelque point d'eau communs aux deux campagnes, nous avons calculé la différence entre les côtes piézométriques mesurées en 1975 et celles mesurées en 2006, soit une période de 31 ans. Les résultats de calculs sont représentés dans le tableau suivant (José F., 2006) :

Tableau IV.46. Fluctuation de la nappe entre Juillet 1975- Septembre2006.

Numéro des puits		Côtes piézométriques		Fluctuation (m)
1975	2006	1975	2006	
158-156	03	278,13	269,30	8,83
136-156	05	249,62	242,0	7,62
59-156	35	59,24	35,0	24,24
37-156	40	59,86	33,5	26,36
68-156	53	59,94	46,25	13,69
100-129	69	285,7	273,0	12,7

Les chiffres mentionnés indiquent clairement l'abaissement des niveaux avec une amplitude négative supérieure à 10 m par endroits. Pour mieux illustrer ce rabattement, nous tracerons un graphe à partir des mesures de quelques puits témoins. On maintient les numéros des puits de l'année 1975, afin d'obtenir un tracé lucide du graphe (José F., 2006).

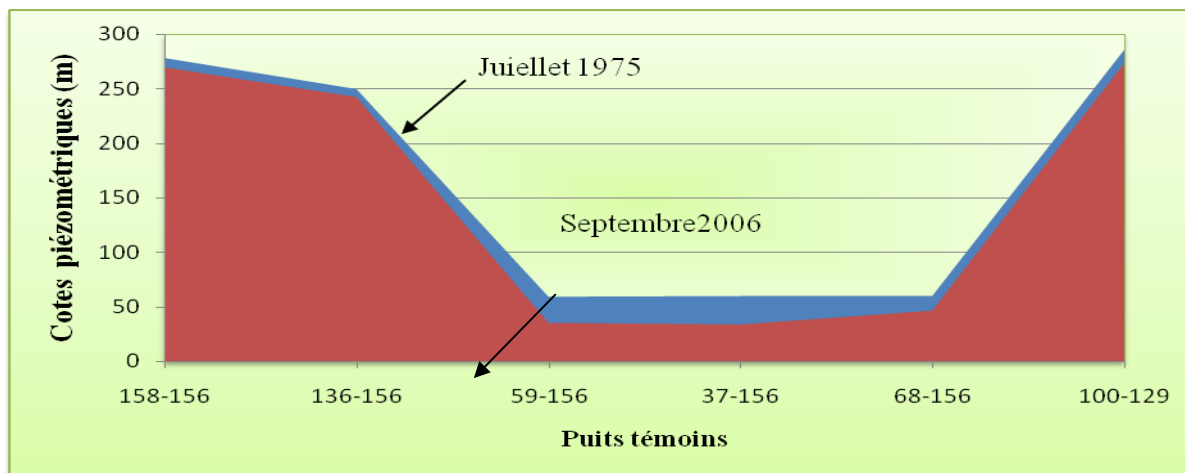


Figure IV.50. Rabattement dans les puits témoins entre Juillet 1975- Septembre 2006.

Il en ressort que le niveau de l'eau a nettement baissé dans les puits en 2006. Le rabattement moyen de l'aquifère du synclinal est estimé à 11 m et même jusqu'à 15 m en certains endroits. Cette situation montre que les nappes du Synclinal de Boughirat ont connu une étape critique mettant en péril son existence même (Benaïcha, 2010).

IV.3. Confrontation entre les besoins en eau et la ressource hydrique souterraine dans la wilaya de Mostaganem

Le tableau 47 ci-dessous donne une appréciation géographique de l'état des prélèvements d'irrigation par rapport à la ressource en eau souterraine en fonction des spécificités de l'unité hydrogéologique intéressée par notre étude (Kisito N., 2008) :

Tableau IV.47. L'appréciation géographique de l'état des prélèvements d'irrigation par rapport à la ressource en eau souterraine en fonction des spécificités de l'unité Hydrogéologique intéressée par notre étude (Benaïcha, 2010).

Description géographiques	Portion nordique de la nappe de la plaine d'Habra.
Description géologique	Systèmes aquifères multicouches à nappe libre et un ou plusieurs aquifères profonds captifs parfois plus productifs. Notamment : systèmes des plaines et fossés de subsidence à remblayage alluviale épais.
Propriétés hydrogéologique	Fortes réserves
Superficie de l'unité (Ha)	32836
Facteurs limitant la potentialité de mobilisation des unités	Plaine, avec nappe partie côtière : réserve écologique

Estimation ; recharge annuelle (Mm³)	22,51
Ressources mobilisable (Mm³)	13,506
L'utilisation de la ressource renouvelable mobilisable par l'irrigation "besoins en eau d'irrigation"(Mm³)	87,184

Source : Direction de l'hydraulique agricole de Mostaganem 2009.

On constate d'après le tableau 45 ci-avant que :

- Le taux de mobilisation de la ressource en eau souterraine est évalué à 60%.
- Les besoins en eau d'irrigation (87,184 Mm³) représentent 646% de la ressource mobilisable (13, 506Mm³) (Benaicha,2010).
- ✓ On déduit donc que la ressource en eau souterraine est surexploitée.

La confrontation entre les besoins d'irrigation et la ressource en eau souterraine montre que globalement, la ressource semble surexploitée par l'irrigation (Kisito N., 2008).

Toutefois, il a été constaté, notamment sur la commune de Sirat une diminution conséquente du niveau piézométrique de la nappe, Sur la commune de Boughuirat la première nappe a été asséchée et il faut maintenant exploiter l'eau dans les nappes inférieures (Benaicha,2010).

Il n'est, par conséquent, pas recommandé d'augmenter l'exploitation de la ressource souterraine. En bord de la mer, les risques d'infiltration saline ne sont pas négligeables et ont été constatées dans quelques zones (Kisito N., 2008).

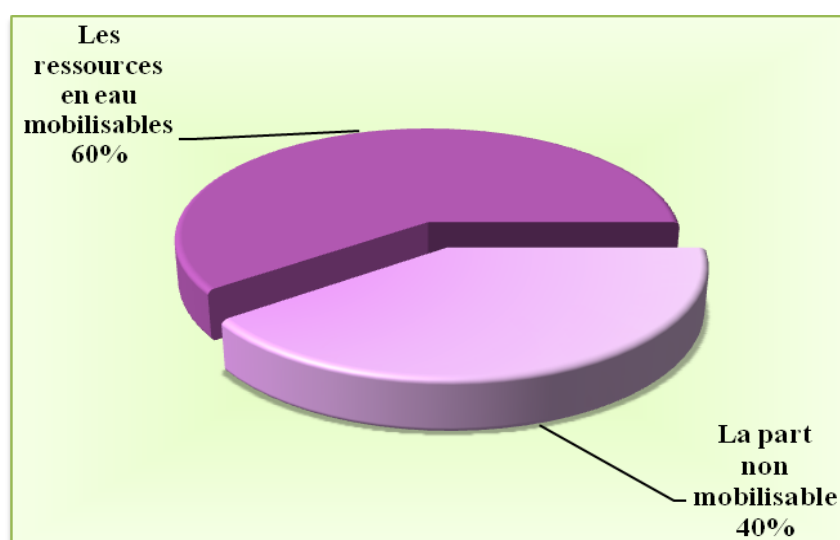


Figure IV.51. Mobilisation de la ressource en eau souterraine.

CONCLUSION

Conclusion

La dimension stratégique et vitale de l'eau caractérisée par la rareté et la pénurie impose une politique de mobilisation maximale et d'exploitation rationnelle de cette ressource. Les défis à relever dans ce domaine sont liés à la sécurité de la population et de l'économie du pays dont il importe de pourvoir aux besoins tant il est vrai que la sécurité hydrique est intimement liée à la sécurité économique, sanitaire et écologique et à la sécurité alimentaire en particulier. Les changements et les imprévus climatiques vont rendre la gestion de l'eau de plus en plus difficile. Une action rapide destinée à adapter le secteur au changement climatique sera beaucoup moins coûteuse que les dommages qui résulteront de ce phénomène. En ce qui concerne les effets pour lesquels les projections sont suffisamment fiables, l'adaptation doit donc commencer dès maintenant.

Les changements climatiques font partie des questions environnementales qui préoccupent la communauté internationale. La désertification surtout dans les zones arides peut être favorisée par des changements climatiques et des changements peuvent avoir des néfastes conséquences écologiques et socioéconomiques les plus menacées comme l'écosystème steppique où la végétation est fortement dégradée.

Références Bibliographiques

- [1] **ACIA., 2007.** Consensus Scientifique sur le Changement climatique dans l'Arctique, Dossier : résumé de "Impacts of a Warming Arctic" (Impacts d'un réchauffement de l'Arctique) ; un rapport publié par " [ACIA](#)" de l'anglais pour Arctic Climate Impact Assessment (l'Evaluation de l'impact du changement climatique dans l'Arctique). Résumé & Détails : GreenFacts & FPI. France.
- [2] **Ahmed K., 2000.** Les ressources en eau en Algérie stratégie, enjeux et vision. Algérie.33pages
- [3] **Ali A., 2003.** Vulnérabilité des pays du Maghreb face aux changements climatiques « Besoin réel et urgent d'une stratégie d'adaptation et de moyens pour sa mise en œuvre ». Maroc.11pages.
- [4] **ANRH. ; 1998.**Inventaire des études hydrologiques. Algérie.120pages.
- [5] AQUASTAT – Algérie.
- [6] **Atelier International du 25-28 Nov., 2009.** Actes du colloque international sur l'adaptation au changement climatique et possibilités d'action au Maghreb : Transformer les préoccupations liées au réchauffement de la planète en changements de comportement. Marrakech. Maroc.
- [7] **Atlas géographie universelle., 1942.** Le Monde bien vue. Bibliothèque Quillet. Paris .261pages.
- [8] **Agence Nationale des Barrages et des transferts (ANBT). 2015.** Gestion de l'eau en Algérie. 280p. Algérie.
- [9] **Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH).2017.** Gestion de l'eau dans les pays du Maghreb.150p. Algérie.
- [10] **Agence Nationale des Ressources Hydriques. (ANRH).2016.** Gestion de l'eau dans le Monde. Rapport interne.100p. Algérie.
- [11] **Banque Mondiale., 2009.**Rapport sur l'environnement.
- [12] **Benfetta H ; Bouhaloufa S. 2015.** Gestion de l'eau et développement durable dans la Wilaya de Mostaganem. Thèse d'ingénieur. Université de Mostaganem. Algérie
- [13] **Boualem R., 2005.** La problématique de l'eau en Algérie. Collection hydraulique et transport solide. Algérie. 182pages.

- [14] **CEDEAO., 2008.** Les changements climatiques dans l'espace CEDEAO, Première conférence internationale, sous la présidence de Dr Ibn CHAMBAS Mohamed.
- [15] **Christiane Galus., 2004.** Des étés de plus en plus chauds en France et en Europe, Revue « alternatives éducatives » A la fin du XXIe siècle, 2003 pourrait être classé comme un été anormalement froid en fonction des nouvelles conditions climatiques ». France.Dec.
- [16] **Christophe M., 2005.** L'actualité de notre planète en environnement, géosciences et développement durable ...en environnement, développement durable et changements climatiques, Rapport Impacts Climatiques en France. France. Nov.
- [17] **CIEDE., 2001.** (Cellule d'information sur l'énergie durable et l'environnement), Bulletin d'information sur les changements climatiques. Tunisie.Juit.
- [18] **Claude V., François R., 2001.** Vivre les changements climatiques, l'effet de serre expliqué, Éditions Multi Mondes. France.
- [16] **CNES., 2006.** Changement climatique : climat et effet de serre. Avr.
- [17] **Daniel M., 2007.** Évaluation, recherche et prospective, Le Programme de recherche, GICC (Gestion et impacts du changement climatique). France. Sept.
- [18] **Daniel M., 2008.** Évaluation, recherche et prospective, ERA-Net CIRCLE : coordination de la recherche sur l'impact climatique dans une Europe élargie (volet Méditerranée).France. Mai ; [mailto: Daniel. Martin@developpement-durable.gouv.fr](mailto:Daniel.Martin@developpement-durable.gouv.fr)
- [19] **Djelti I., 2007.** Contribution à l'étude hydrogéologique du synclinal de Bouguirat (Wilaya de Mostaganem), Mémoire d'Ingénieur d'état en Sciences de la terre. Oran. Juin.160Pages.
- [20] **Expédit V., 2009.** Modélisation hydrologique et impact climatique sur les ressources en eau. Rapport du projet OUEME-2025.France.
- [21] **GIEC., 2007.** Changement climatique : quatrième rapport sur la nécessité d'entamer d'urgence les négociations sur la réduction mondiale des émissions. Bruxelles. Nov.
- [22] Rapport, Le Conseil mondial de l'eau à Marseille « L'eau dans le monde-tout savoir sur l'or bleu ». Paris. France. Juin. 36pages,
- [23] **Hervé D., Jean-Claude A. et Ghislain de M., 2007.** Les impacts des changements climatiques sur le cycle hydrologique, "Réchauffement climatique et effet de serre", Préparé pour la série des Annales des Mines "Responsabilité et Environnement". Juillet.

- [24] **Hans Sr., 2007.** Le changement climatique comme un des risques de la sécurité est disponible, Rapport. Allemagne. Déc. ; E-mail: bpilardeaux@wbgu.de
- [25] **Joanne L., Wendy B., 2000.** changement climatique, Rapport de recherche de l'Université de Moncton. Canada.
- [26] **José F., 2006.** Petites nouvelles des grands changements climatiques, Revue Carnets de nuit. Sept.
- [27] **Kisito N., 2008.** Face au changement climatique : Comment s'adapter au Maghreb, Rapport. Tunisie. Oct.
- [28] **Lakhdar Z., 2007.** L'eau pénurie ou incurie, Office des publications universitaires(OPU). 144pages.
- [29] **Lorène C., Julien F., Arthur H., Réda M. 2005.** L'impact du changement climatique sur l'agriculture en Afrique, Atelier Changement Climatique. Ecole Nationale des Ponts et Chaussées. France.
- [30] **Mahi Tabet A., 2008.** Impacts du changement climatique sur les agricultures et les ressources hydriques au Maghreb, CIHEAM, Rapport N° 48 sur l'étude de Vulnérabilité et d'Adaptation aux Changements Climatiques. CECOS. Oran. Algérie. Juin.
- [31] **Maximilien A., Guillaume J., Audrey L., Valère P., 2002.** Les impacts du changement climatique sur l'agriculture en Europe et aux Etats-Unis, Rapport n°2 de l'étude à l'atelier « Changement climatique » de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées- ENPC- Département VET. France.
- [31] **Mehdi M., 2008.** Impact des Changements sur les Eaux Souterraines (Cas du Bassin Hydrographique Chéfs). Centre Universitaire Khemis Miliana, Laboratoire Eau, Roche et Plante (LRERP). Algérie.
- [32] **Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'environnement., 2001.** Elaboration de la stratégie et du plan d'action national des changements climatiques. Communication nationale initiale. Algérie. Mars.
- [33] **Ministère des Ressources en eau (MRE). 2018.** Les ressources en eau en Algérie : stratégies, enjeux et vision. Ouvrage ; 200p. Algérie.
- [34] **Mohamed S., 2008.** (Membre du GIEC, ARCE – Algérie). Rapport du colloque : 26-27, Nov. Marrakech Quelles réformes au Maghreb pour répondre aux défis du changement climatique global. Sept. Maroc.

- [34] **MRE.** ; **2009.** Etude d'inventaire et de développement de la PMH. Algérie. Fév. 62 pages.
- [35] **Nathalie R., René A., 2006.** L'agriculture du Maghreb au défi du changement climatique : Quelles stratégies d'adaptation face à la raréfaction des ressources hydriques Communication à WATMED 3^{ème} conférence internationale sur les Ressources en Eau dans le Bassin Méditerranéen, Tripoli. Liban, Nov. 10 Pages.
- [36] **Nicolas G., Franck H., Simon H., Nicolas M., Olivier S., Nathalie V., 2000.** Changement climatique et hydrologie. France. 90 pages,
- [37] **ONU. 2002.** Aspects du développement durable liés aux ressources naturelles de l'Algérie-Agenda N°21.
- [38] **Peter S and Doug R., 2003.** An Abrupt Climate Change Scenario and Its Implications for United States National, a report commissioned by the U.S. Defense Department, "Le rapport du Pentagone». US. Oct.
- [39] **Philippe M., 2008.** Le programme CLIMASTER en quelques mots, Revue CLIMASTER (changement climatique, systèmes agricoles, ressources naturelles et développement territoriale). France. Nov.
- [40] **Projet (FEM/PNUD) RAB/94/G31., 2003.** Programme des Nations Unies pour le Développement, Fonds pour l'Environnement Mondial ; Compte rendu du Projet Maghrébin sur les Changements Climatiques : Algérie – Libye – Maroc Tunisie, (Bilan et Perspectives). Marrakech. Maroc. Mars.
- [41] **République Algérienne Démocratique et Populaire. Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'environnement., 2001.** Elaboration de la stratégie et du plan d'action national des changements climatiques. Communication nationale initiale. Mars.
- [42] **Sabrina M., 2008.** Changements climatiques et phénomènes extrêmes : Le Maroc doit s'adapter, Article du journal du Maghreb. Maroc. Oct.
- [43] **Samir A., 2009.** L'Algérie se préoccupe des changements climatiques : Les changements climatiques sont une préoccupation majeure pour l'Algérie dont la plus grande partie du territoire est désertique, D'après Le Financier. Algérie. Mars.
- [44] **Sandra B., 2008.** Impact du changement climatique sur les ressources en eau, Rapport de l'étude réalisée par la Banque mondiale. Sept.
- [45] **Serge P., 2006.** Comment estimer le changement climatique ?, Article du dossier n°52 :

La modélisation informatique, exploration du réel, Revue [Pour la Science](#), numéro de juillet/sept. France.76 Pages.

[46] **Sénat., 2002.** L'ampleur des changements climatiques, de leurs causes et de leur impact possible sur la géographie de la France à l'horizon 2005, 2050 et 2100 (Tome 1 : Rapport). France.

[47] **Sirte., 2008.** L'eau pour l'agriculture et l'énergie en Afrique : les défis du changement climatique, Conférence de haut niveau, Jamahiriya arabe libyenne, Rapport d'investissement par pays(Algérie), 15-17 Fév. Algérie. Déc. 13pages.

[48] **Wikipédia., 2008.** L'encyclopédie libre., Un article sur le Réchauffement Climatique. Nov.

[49] **Wikipédia., 2009.** L'encyclopédie libre., Un article sur l'histoire du climat, janv.

[50] **Yopadato., 2008.** Changement climatique, un danger pour la sécurité nationale Rapport. France. Juin.

<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries/algeria/indexfra.stm>

<http://www.banquemonde.org/>

<http://www.impactsclimatiquesenfrance.fr>

<http://www.facebook.com/group.php?gid=39475513401>

<http://www.ecologie.gouv.fr/Gestion-et-impacts-du-changement>

www.ipcc.ch

http://ec.europa.eu/environment/climat/home_en.htm.

http://carnetsdenuit.typepad.com/carnets_de_nuit/2006/09/petites_nouvell.html

<http://news.independent.co.uk/environment/article1431084.ece>

<http://www0.umoncton.ca/littoral-vie/Jeunes-visionnaires/changclimat.htm#changclimat>

<http://www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/024000392/index.shtml>

<http://www.ciheam.org>

<http://www.un.org/esa/agenda21/natlinfo/countr/algeria/natur.htm>

http://www.rennes.inra.fr/climaster/presentation/description_scientifique/etat_de_l_art_du_sujet_et_de_la_problematique

<http://unfccc.int/resource/docs/natc/algnc1.pdf>

<http://www.algerie-dz.com>

<http://interstices.info/climat>

http://interstices.info/jcms/c_22160/planton

<http://www.miwim.fr/blog/changement-climatique-un-danger-pour-la-securite-nationale2225>

http://membres.lycos.fr/pow1/pollution/Changement_climatique.html#eaux.

<http://www.senat.fr/rap/r01-224-1/r01-224-1.html>.